

**Aus der Abteilung für Allgemeinmedizin, Präventive und
Rehabilitative Medizin**
Direktorin: Frau Prof. Dr. med. Erika Baum
des Fachbereichs Medizin der Philipps-Universität Marburg



Die diagnostische Aussagekraft der Schmerzlokalisierung bei
Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg
vorgelegt von

Katharina Bönisch aus Wuppertal

Marburg, 2014

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Phillips-Universität Marburg
am 16.09.2014.

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs.

Dekan: Prof. Dr. Helmut Schäfer

Referent: Priv.-Doz. Dr. Stefan Bösner

1. Korreferent: Prof. Dr. Jürgen Schäfer

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	8
1.1	Brustschmerz in der Primärversorgung	8
1.1.1	Die Bedeutung von Brustschmerz in der Primärversorgung	8
1.1.2	Epidemiologie des Symptoms Brustschmerz in der Primärversorgung	8
1.1.3	Die Koronare Herzkrankheit (KHK) als Ursache für Brustschmerz	9
1.1.4	Die häufigsten Ursachen für Brustschmerz in der Primärversorgung ..	9
1.2	Der Patient mit Brustschmerz: Eine diagnostische Herausforderung für den Hausarzt	12
1.2.1	Der Unterschied zwischen Hausarzt und Facharzt.....	12
1.2.2	Die Diagnose Brustschmerz in der Primärversorgung: Ein Dilemma ..	13
1.2.3	Die Diagnostik der KHK in der Hausarztpraxis	14
1.3	Die diagnostische Aussagekraft der Schmerzlokalisierung bei Brustschmerzpatienten.....	17
1.3.1	Brustschmerzlokalisierung: Eine anatomische Erläuterung	17
1.3.2	Daten zur diagnostischen Aussagekraft der Brustschmerzlokalisierung aus der Sekundärversorgung	18
1.3.3	Daten zur diagnostischen Aussagekraft der Brustschmerzlokalisierung aus der Primärversorgung.....	18
1.4	„Pain Mapping“: Die graphische Darstellung von Schmerz.....	20
1.4.1	Methoden von gestern bis heute	20
1.4.2	Anwendung von Pain Maps im klinischen Alltag.....	23
1.4.3	Vor- und Nachteile von „Pain Maps“	25
1.4.4	„Pain Mapping“ für das Leitsymptom Brustschmerz	26
1.5	Fragestellung	27
2	Material und Methoden	28
2.1	Primärstudie.....	28
2.1.1	Studiendesign	28
2.1.2	Teilnehmende Ärzte und Patienten	28
2.1.3	Durchführung	29
2.2	Sekundäranalyse	31
2.2.1	Hintergrund	31
2.2.2	Dokumentationsbögen	31
2.2.3	Die Computer-Applikation	32
2.2.4	Erstellung der Ergebnisse	33

2.2.4.1	Dateneingabe.....	33
2.2.4.2	Datenverknüpfung.....	36
2.2.4.3	Filterungsprozess.....	38
2.2.4.4	Datenaggregation	38
2.2.4.5	Farbskalierung	39
2.2.4.6	Stratifizierung	40
2.2.5	Plausibilitätskontrolle.....	41
2.2.5.1	Dateneingabe.....	41
2.2.5.2	Unklare Fälle.....	41
2.2.6	Statistische Analyse der Unterschiede zwischen Diagnosegruppen..	42
2.2.6.1	Hausdorff-Abstand	42
2.2.6.2	C-Index	43
2.2.6.3	p-Wert-Berechnung.....	43
3	Ergebnisse.....	44
3.1	Ausgangsdaten	44
3.1.1	Ärzte und Patientenkollektiv	44
3.1.2	Finale Referenzdiagnosen	45
3.1.3	Geschlechts- und Altersverteilung.....	46
3.2	Einzelne Diagnosen	47
3.2.1	Brustwandsyndrom (BWS)	48
3.2.2	Stabile KHK.....	52
3.2.3	Psychogene Beschwerden.....	56
3.2.4	Respiratorische Infekte	60
3.2.5	Hypertonie.....	62
3.2.6	Akutes Koronarsyndrom (ACS)	64
3.2.7	Gastroösophageale Refluxkrankheit (GERD)	66
3.2.8	Thoraxtrauma.....	68
3.2.9	Benigne Magenerkrankungen	69
3.2.10	Pleuro-Pneumonie	70
3.2.11	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) / Asthma.....	71
3.3	Vergleiche.....	72
3.3.1	Statistische Berechnungen.....	72
3.3.2	KHK im Vergleich zu allen anderen Ätiologien	73
3.3.3	KHK im Vergleich zum BWS	74
3.3.4	KHK im Vergleich zur GERD	75
3.3.5	KHK im Vergleich zu psychogenen Beschwerden.....	76

3.3.6	KHK-Männer im Vergleich zu KHK-Frauen.....	77
3.3.7	BWS: „Patient vermutet kardiale Ursache“ im Vergleich zu „Patient vermutet keine kardiale Ursache“.....	78
4	Diskussion.....	79
4.1	Interpretation der Ergebnisse	79
4.1.1	Fragestellung 1: Welche Schmerzregionen zeigen sich für verschiedene Diagnosen?.....	79
4.1.2	Fragestellung 2a: Ist die Schmerzlokalisierung in der Primärversorgung hilfreich, um zwischen der KHK und anderen Ätiologien zu diskriminieren?	82
4.1.2.1	Unterscheidung der KHK von anderen häufigen Brustschmerzätiologien.....	82
4.1.2.2	„Denken Sie, dass Ihre Schmerzen vom Herzen kommen?“ Der Einfluss des „Self-Selection Bias“ auf den hausärztlichen Alltag.....	89
4.1.3	Fragestellung 2b: Gibt es bei KHK-Patienten hinsichtlich der Schmerzlokalisierung Unterschiede zwischen Männern und Frauen?	92
4.2	Methodenkritik.....	94
4.2.1	Primärstudie.....	94
4.2.2	Sekundäranalyse	94
4.2.2.1	Computer-Applikation.....	94
4.2.2.2	Datenanalyse	97
4.3	Ausblick	99
5	Zusammenfassung.....	100
5.1	Deutsche Zusammenfassung.....	100
5.2	Englische Zusammenfassung (Summary)	102
6	Abkürzungsverzeichnis	104
7	Literaturverzeichnis	105
8	Anhang.....	116
8.1	Erhebungsbogen der Primärstudie	116
9	Verzeichnis der akademischen Lehrer	118
10	Danksagung.....	119

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Der kranke Dürer („The Sick Dürer“) von Albrecht Dürer (1471 - 1528), Kunsthalle Bremen. ⁹³	21
Abbildung 2: Beispiel der Gittermethodik zur Erfassung der Schmerzlokalisierung...	22
Abbildung 3: Studienablauf der Primärstudie.....	30
Abbildung 4: Thoraxpiktogramm des Erhebungsbogens	32
Abbildung 5: Dateneingabefenster der Computer-Software: „Pain Region Application“	33
Abbildung 6: Workflow Eingabe Schmerzlokalisierung	34
Abbildung 7: Workflow Eingabe Schmerzausstrahlung.....	35
Abbildung 8: Beispiele für die Datenaggregation von Schmerzlokalisierung und -ausstrahlung	39
Abbildung 9: Beispiel der Farbskalierung für große und kleine Referenzgruppen...	40
Abbildung 10: Flow Chart zur Patientenrekrutierung.....	44
Abbildung 11: Verteilung der Patienten nach Geschlecht	46
Abbildung 12: Verteilung der Patienten nach Alter	46
Abbildung 13: KHK versus (vs.) alle anderen Ätiologien.....	73
Abbildung 14: KHK vs. BWS	74
Abbildung 15: KHK vs. GERD	75
Abbildung 16: KHK vs. psychogene Beschwerden	76
Abbildung 17: Männer mit KHK vs. Frauen mit KHK.....	77
Abbildung 18: BWS: Denkt der Patient, dass die Schmerzen vom Herzen kommen?	78

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Diagnosen von 1212 Patienten (Alter >35 Jahre), die ihren Hausarzt mit dem Beratungsanlass Brustschmerz aufsuchten. ⁸	11
Tabelle 2: Häufigkeiten schwerwiegender seltener Krankheiten mit dem Leitsymptom Brustschmerz im Kontext der Primärversorgung.	11
Tabelle 3: Referenzdiagnosen.....	37
Tabelle 4: Endgültige Diagnosegruppen, die in die Zweitauswertung eingeschlossen wurden	45
Tabelle 5: Analyseergebnisse	72

1 Einleitung

1.1 Brustschmerz in der Primärversorgung

1.1.1 Die Bedeutung von Brustschmerz in der Primärversorgung

Brustschmerz ist in der ärztlichen Primärversorgung ein häufiger Beratungsanlass. Dies ist von vielen Studien, welche sich mit Brustschmerz im Niedrigprävalenzbereich beschäftigt haben, untersucht und belegt worden.^{8,19,59,79,91,103,110} Für die zugrunde liegenden Ursachen kommt ein breites Spektrum unterschiedlichster Erkrankungen in Frage, welches von muskuloskelettalen, kardiovaskulären und gastrointestinalen Leiden bis zu psychogenen, respiratorischen und weiteren Ätiologien reicht.^{8,91,110} Gefürchtet sind vor allem ernsthafte, kardiovaskuläre Erkrankungen, wie die koronare Herzkrankheit (KHK) und ihre lebensbedrohliche Verlaufsform, das akute Koronarsyndrom (ACS).⁸ Diese kommen in der Primärversorgung allerdings selten vor und machen nur einen kleinen Anteil der Ursachen für Brustschmerz aus.^{59,79,91,98} Hausärzte stehen vor der Herausforderung, dass sie einerseits die seltenen, aber lebensbedrohlichen kardialen Fälle rechtzeitig erkennen und ggf. weitere Maßnahmen einleiten müssen, andererseits aber auch ihre Patienten vor nicht notwendiger diagnostischer Abklärung schützen sollen.⁸ Angesichts dieses Dilemmas ist die Relevanz des Leitsymptoms Brustschmerz im hausärztlichen Alltag sehr hoch. Aus diesem Grund besteht ein großer Bedarf an zuverlässigen, diagnostischen Maßnahmen, um die Evaluation von Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung zu optimieren.

1.1.2 Epidemiologie des Symptoms Brustschmerz in der Primärversorgung

Brustschmerz ist ein häufig auftretendes Symptom. Ungefähr 20 - 40 % der allgemeinen Bevölkerung erleiden in ihrem Leben eine Brustschmerzepisode.^{38,91} In der Konsequenz wird dieses Symptom auch in der hausärztlichen Praxis oft gesehen. Zwischen 1 - 4 % der hausärztlichen Konsultationen beruhen auf Brustschmerzen.^{20,79,91,103,110} Diese Zahlen variieren je nach Studiendesign und Setting. Bezogen auf den Zeitraum von einem Jahr suchen etwa 1,5 % der Bevölkerung ihren Hausarzt aufgrund von Brustschmerzen auf.^{79,91} Die bisher größte Studie aus Deutschland zum Thema Brustschmerz in der Primärversorgung von Bösner et al., welche eine wichtige Grundlage für das vorliegende Projekt darstellt, ermittelte unter allen haus-

ärztlichen Patienten innerhalb des Studienzeitraums eine Brustschmerzprävalenz von 0,7 %.⁸

1.1.3 Die Koronare Herzkrankheit (KHK) als Ursache für Brustschmerz

Zu den wichtigsten Differentialdiagnosen des Leitsymptoms Brustschmerz gehört die KHK. Hierbei handelt es sich um die Manifestation der Atherosklerose an den Herzkranzgefäßen, wodurch es zu einer Gefäßverengung mit daraus resultierender Minderperfusion des Herzmuskels kommt. Die Erkrankung kann verschiedene Verlaufswege annehmen. Es gibt sowohl die chronisch-stabile KHK, die sich bei den Patienten als stabile Angina pectoris äußert, als auch die akute und lebensbedrohliche Manifestation, das akute Koronarsyndrom. Hierzu zählen sowohl die instabile Angina pectoris als auch der ST-Hebungsinfarkt (STEMI) und Nicht-ST-Hebungsinfarkt (NSTEMI).⁴⁸

Bei Patienten, die sich mit Brustschmerz bei ihrem Hausarzt vorstellen, muss die KHK immer berücksichtigt werden, da es sich um eine gesellschaftlich sehr bedeutsame Erkrankung handelt. Ihre mittlere Prävalenz in Deutschland beträgt bei Frauen 6,5 % und bei Männern 9,2 %, wobei die Prävalenz mit dem Alter stark ansteigt.^{70,88} Bei Patienten über 65 Jahren werden Lebenszeitprävalenzen von 20 % bei Männern und 17 % bei Frauen beschrieben.^{61,70} Im Jahr 2006 waren Herzkreislauferkrankungen in Deutschland für 43 % aller Todesfälle verantwortlich.^{70,100} Hierunter waren die chronisch stabile KHK und das ACS die beiden wichtigsten Ursachen.⁷⁰

Diese hohen Zahlen belegen die hohe Relevanz der KHK für jeden Arzt. Um potentiell tödliche Krankheitsverläufe rechtzeitig verhindern zu können, ist es wichtig, dass diese Fälle unter allen Patienten mit Brustschmerz rechtzeitig erkannt werden.

1.1.4 Die häufigsten Ursachen für Brustschmerz in der Primärversorgung

Aufgrund der großen Bedeutsamkeit von kardiovaskulären Erkrankungen wie der KHK, liegt hierauf das Hauptaugenmerk der Hausärzte, wenn sich Patienten mit Brustschmerzen vorstellen.¹¹ Allerdings treten im Vergleich zu Hochprävalenzbereichen wie Notaufnahmen und Facharztpraxen diese Ursachen in der Primärversorgung wesentlich seltener auf.⁹⁸ Der Anteil an kardialen Brustschmerz in der Hausarztpraxis liegt zwischen 8,5 und 18 %.^{8,79,103,110} Hierbei bewegt sich die Wahrscheinlichkeit für eine KHK in einem Bereich von 8 - 15 %^{19,59,103,110} und für ein ACS nur zwischen 1,5- 2,8 %.^{59,90,103,110}

Es sind also nicht primär die kardiovaskulären Erkrankungen, welche den Patienten mit dem Leitsymptom Brustschmerz zum Hausarzt führen. Prävalenzen von mehr als 50 % sind dagegen für nicht-kardiogenen Brustschmerz ermittelt worden.³⁹ Etwa ein Drittel der gesamten Bevölkerung ist im Verlauf ihres Lebens von Brustschmerz mit nicht-kardialer Ursache betroffen.⁵⁸ Die mit Abstand häufigste zugrunde liegende Erkrankung ist das Brustwand Syndrom, eine muskuloskelettale Funktionsstörung, die zu Schmerzen über der gesamten Thoraxwand führen kann.^{10,109} Etwa 45 - 50 % aller Patienten, die sich aufgrund von Brustschmerzen bei ihrem Hausarzt vorstellen, leiden an dieser schmerzhaften, aber benignen Erkrankung.^{10,30,103,109}

Gastrointestinale Beschwerden, wie beispielsweise die gastroösophageale Refluxkrankheit (GERD) und psychogene Leiden, sind ebenfalls häufige Ursachen für nicht-kardiogene Brustschmerzen in der Primärversorgung. Etwa 8 - 11 % der Patienten leiden unter psychogene Beschwerden und ca. 5 - 13 % haben eine gastrointestinale Ätiologie.^{19,30,59,91}

Weitere häufig auftretende und zu beachtende Krankheiten sind respiratorische Beschwerden. Dazu zählen Infekte und chronisch obstruktive Erkrankungen, zu denen die chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) und das Asthma gehören.^{8,110} Potentiell akut lebensgefährliche Ursachen, wie eine akut fulminante Lungenembolie, eine Aortendissektion oder Ösophagusruptur kommen in der Primärversorgung sehr selten vor.^{8,110,114}

Es zeigt sich also, dass dem Leitsymptom Brustschmerz im hausärztlichen Setting ein breites Spektrum von Ursachen zugrunde liegt, welches von harmlosen und selbst limitierenden Erkrankungen bis hin zu lebensgefährlichen Notfällen reicht.

Die bislang größten Studien zum Thema Brustschmerz in der Primärversorgung stammen aus Deutschland und der Schweiz.^{8,110} Die Tabellen 1 und 2 zeigen eine Auflistung der häufigsten Ätiologien, die in diesen Studien ermittelt worden sind.

Diagnose	N	%
Brustwandsyndrom	565	46,6
KHK (stabil)	135	11,1
Psychogene Störungen	115	9,5
Infekte der oberen Atemwege	98	8,1
Hypertonie	48	4,0
Akutes Koronarsyndrom	44	3,6
Gastroösophagealer Reflux	42	3,5
Trauma	39	3,2
Benigne Magenerkrankungen	26	2,1
Pneumonie	25	2,1
COPD/Asthma	23	1,9
Andere	52	4,3

Tabelle 1: Diagnosen von 1212 Patienten (Alter >35 Jahre), die ihren Hausarzt mit dem Beratungsanlass Brustschmerz aufsuchten.⁸

Marburger Studie (n = 1212) ⁸		Lausanner Studie (n = 672) ¹¹⁰	
Arrhythmie (Ventrikuläre Arrhythmien, Vorhofflimmern, Tachykardien)	0,8 % (n = 10)	Arrhythmie	1,5 % (n = 10)
Myo/-Perikarditis	0,2 % (n = 3)	Lungenembolie	0,3 % (n = 2)
Lungenembolie	0,2 % (n = 2)	Kardiomyopathie	0,6 % (n = 4)
Pneumothorax	0,0 % (n = 0)	Lungenabzesse	0,1 % (n = 1)
Aortendissektion	0,0 % (n = 0)	Aortenstenose	0,1 % (n = 1)

Tabelle 2: Häufigkeiten schwerwiegender seltener Krankheiten mit dem Leitsymptom Brustschmerz im Kontext der Primärversorgung.

1.2 Der Patient mit Brustschmerz: Eine diagnostische Herausforderung für den Hausarzt

1.2.1 Der Unterschied zwischen Hausarzt und Facharzt

Unter den Begriff „Hausarzt“ fallen in Deutschland sowohl Fachärzte für Allgemeinmedizin, praktische Ärzte, als auch hausärztlich tätige Internisten. Für die meisten Patienten sind diese drei Berufsgruppen der Hauptzugangsweg ins Gesundheitssystem.⁴⁹ Ihnen wird die Funktion des „Gatekeepers“ zugeschrieben, was die Lotsenfunktion von Hausärzten im deutschen Gesundheitssektor beschreibt.⁵¹ Das bedeutet, dass jeder ärztliche Besuch zunächst beim Hausarzt beginnt und nur durch die hausärztliche Überweisung der Zugang zur fachärztlichen und stationären Versorgung ermöglicht wird. Durch dieses Konzept sollen Behandlungsabläufe koordiniert und optimiert werden und vor allem die Kosten von medizinischer Versorgung gesenkt werden.¹¹⁹

In ihrer Funktion als „Gatekeeper“ haben Hausärzte eine besonders herausfordernde Aufgabe. Es präsentiert sich ihnen eine große, unselektierte Patientenpopulation, bei der die Ursachen der Beschwerden vielfältig sein können. Die Prävalenz für definierte Krankheitsbilder ist dabei zunächst nur niedrig.²⁸ Vor diesem Hintergrund sind im Niedrigprävalenzbereich auch die zur Verfügung stehenden diagnostischen Tests weniger ergiebig, sodass nicht immer eine eindeutige Arbeitsdiagnose gestellt werden kann.²⁸ Die Herausforderung für Hausärzte besteht darin zu entscheiden, wann ein abwartendes Offenhalten und ggf. eine symptomatische Therapie indiziert ist, oder wann weiterführende Maßnahmen ergriffen werden müssen. Sie müssen unter einer Vielzahl unspezifischer Symptome und harmloser Erkrankungen, die sogenannten „Red Flags“ erkennen und potentiell kritische Verläufe rechtzeitig abwenden.²⁹ Es ist wichtig, gut zu evaluieren, ob ein Patient auf schnellstem Wege in ein Krankenhaus einzuweisen ist, ob er einen Facharzt sehen sollte oder ob er mit gutem Gewissen wieder nach Hause geschickt werden kann. Hausärzte haben daher eine wichtige Filterfunktion im deutschen Gesundheitswesen.

Bei Ärzten aus Facharztpraxen und Krankenhäusern verhält es sich anders. Ihnen präsentiert sich eine schon vorselektierte Patientenpopulation, unter anderem durch die „Gatekeeping“ Funktion der Hausärzte. Denn die Überweisung durch den Hausarzt erfolgt nur bei erhöhter Wahrscheinlichkeit für eine ernsthafte Erkrankung. Fachärzte arbeiten also in einem Bereich mit erhöhter Krankheitsprävalenz, was bedeutet, dass die Wahrscheinlichkeit für ernste Krankheitsbilder schon a priori viel größer ist als in Hausarztpraxen.^{19,28} Diagnose und Therapieplan sind aufgrund dieses epidemiologischen Musters eindeutiger zu stellen und die diagnostischen Ver-

fahren sind effizienter.²⁸ Ein Verhalten nach dem Prinzip „abwartendes Offenhalten“ ist hier, anders als in der Primärversorgung, in nur seltenen Fällen indiziert.

1.2.2 Die Diagnose Brustschmerz in der Primärversorgung: Ein Dilemma

Die Forderung nach hoher Sensitivität und Spezifität

Besonders Patienten mit Brustschmerz sind für Hausärzte eine Herausforderung. Denn Allgemeinmediziner stecken in dem Dilemma, einerseits keine der lebensgefährlichen Ursachen für Brustschmerz übersehen zu dürfen, andererseits aber Überdiagnostik und Überbehandlung in ihrer Rolle als „Gatekeeper“ vermeiden zu müssen. Sie sollen in ihrer Entscheidungsfindung die Sensitivität maximieren, aber dabei die Spezifität bedenken.⁵⁰ Das heißt, dass möglichst alle Patienten mit einer ersten Erkrankung erkannt werden sollen (hohe Rate an „richtig positiven“ Diagnosen), dabei aber die Rate an unnötiger Abklärung bei in Wahrheit gesunden Patienten gering gehalten werden muss (hohe Rate an „richtig-negativen“ Diagnosen).

So wäre es beispielsweise fatal, einen akuten Myokardinfarkt nicht zu erkennen. Auch die undiagnostizierte KHK kann lebensbedrohliche Konsequenzen für den Patienten haben. Im Zweifelsfall wird daher immer von einem Hausarzt erwartet, auf „Nummer sicher“ zu gehen und weiterführende Diagnostik zu veranlassen, bzw. stationär einzuweisen. Würden Hausärzte jedoch alle Patienten, bei denen Unsicherheit bezüglich eines koronaren Ereignisses besteht, zur Abklärung in die Sekundär- oder Tertiärversorgung weiterverweisen, so würden auf jeden Patienten mit positivem KHK-Ergebnis jeweils 15 Patienten treffen, die eine unnötige diagnostische Abklärung erhalten.¹⁵ Dieses würde langfristig zu einer Überbelastung und schlechten Ressourcennutzung des öffentlichen Gesundheitssystems führen.

Niedrige Vortestwahrscheinlichkeiten müssen in der Diagnostik bedacht werden

Die niedrige Prävalenz für schwerwiegende kardiovaskuläre Erkrankungen in der Primärversorgung trägt ebenfalls zu dem Dilemma im Umgang mit Brustschmerzpatienten bei. Die Vortestwahrscheinlichkeit für die KHK im hausärztlichen Setting ist wesentlich geringer als für Patienten aus dem Hochprävalenzbereich, wie beispielsweise einer Kliniknotaufnahme.^{19,98} Der Hausarzt muss die niedrigen Prävalenzen für koronararterielle Erkrankungen in seinen diagnostischen Entscheidungsprozess einbeziehen, um entscheiden zu können, ob eine KHK vorliegt oder nicht. Denn die a-priori Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Erkrankung spielt für die

Diagnosefindung eine entscheidende Rolle, da sie die Aussagekraft von diagnostischen Tests wie Anamnese und klinischer Untersuchung beeinflusst. Je höher die Prävalenz einer Erkrankung, desto effizienter sind diagnostische Methoden und umso eindeutiger sind die Diagnosen.²⁸ Hausärzte müssen daher in ihrer Evaluation von Brustschmerzpatienten die niedrige Vortestwahrscheinlichkeit für die KHK berücksichtigen, andernfalls kommt es zu einer hohen Rate an falsch positiven Befunden und falschen Entscheidungen, was ebenfalls zu einer unangemessenen Rate an weiterführenden diagnostischen Prozessen beiträgt.^{28,98}

1.2.3 Die Diagnostik der KHK in der Hausarztpraxis

Die richtige Diagnosefindung hinsichtlich kardiovaskulärer Erkrankungen in der Primärversorgung ist schwierig. Meistens machen es die noch frühen und oft diffusen Krankheitsstadien, die generell niedrige Wahrscheinlichkeit von kardiogenen Erkrankungen, sowie Zeitdruck und minimales Equipment dem Hausarzt schwer, ein koronares Ereignis zu diagnostizieren.⁴⁹

Aber in Bezug auf die KHK ist es wichtig, die Erkrankung so früh wie möglich zu identifizieren, um potentiell lebensgefährliche Verläufe zu verhindern. Nach einer Studie von Verdon et al. aus dem Jahr 2008 erhielten allerdings über 50 % der Patienten mit Brustschmerzen aus der Primärversorgung keine eindeutige Diagnose.¹¹⁰ Die Studie von Van der Does et al. akzentuiert die Schwierigkeit der richtigen Diagnosefindung speziell für die kardiovaskulären Erkrankungen in der Hausarztpraxis.¹⁰⁸ 24 % der Patienten mit Myokardinfarkt aus dieser Studie hatten unspezifische Symptome, die initial vom Hausarzt nicht erkannt wurden. Bösner et al. fanden heraus, dass 31,7 % der Patienten mit KHK zunächst falsch diagnostiziert worden waren und erst im zeitlichen Verlauf eine korrekte Diagnose gestellt werden konnte.¹⁵

Die Rolle von Anamnese und klinischer Untersuchung

Hausärzte müssen also die KHK als Ursache für Brustschmerz möglichst früh und treffsicher diagnostizieren. Dabei sind sie auf andere diagnostische Methoden angewiesen als Fachspezialisten. Ihre wichtigsten diagnostischen Instrumente in der Evaluation von Brustschmerzpatienten sind der erste Eindruck, die Anamnese und die klinische Untersuchung.^{12,28} Dies sind die einfachsten und sofort zur Verfügung stehenden diagnostischen Tests. Sie haben sich als valide und verlässliche Instrumente mit guter diagnostischer Treffsicherheit für verschiedene Erkrankungen in der Primärversorgung bewährt.^{5,31,111} Vor allem die „erlebte Anamnese“ ist ein diagnostisch bedeutendes Medium für Hausärzte. Anhand einer meist langjährigen Arzt-

Patienten-Beziehung können Hausärzte in ihrer diagnostischen Evaluation personen-spezifische Veränderungen im Gesundheitsverhalten und in der Selbsteinschätzung ihrer Patienten miteinbeziehen.²⁸ In Bezug auf die kardialen Erkrankungen hat sich diese Ressource für Hausärzte als ein relevantes Beurteilungskriterium herausgestellt.⁴⁹

Apparative und laborchemische Diagnostik

Als weitere, direkt zugängliche Maßnahmen stehen dem Hausarzt sowohl das Ruhe- und Belastungselektrokardiogramm (EKG) als auch die laborchemische Bestimmung des Troponin T zur Verfügung. Sie haben allerdings nur einen limitierten diagnostischen Nutzen in der Primärversorgung.^{32,93}

Das einfache Ruhe-EKG kann zwar eine kardiovaskuläre Genese bestätigen, diese aber nicht ausschließen und bietet dementsprechend keine ausreichende Sicherheit, um ein ACS zu diskriminieren. Eine ST-Elevation im EKG ist zwar der charakterisierende Marker des STEMI und wird bei 30 - 40 % der Patienten mit ACS gesehen^{114,87}, doch umgekehrt schließt ein normales Ruhe-EKG ein ACS nicht automatisch aus. Ungefähr 20 - 45 % der Patienten mit ACS haben initial ein normales EKG^{80,114,87}, da es sich definitionsgemäß auch um eine NSTEMI –Konstellation oder eine instabile Angina pectoris handeln kann. Desweiteren können sich pathologische EKG Veränderungen auch erst im zeitlichen Verlauf manifestieren.⁸⁷ Auch bei vorbekanntem Schenkelblock (Rechtsschenkelblock, Linksschenkelblock sowie bifaszikulärem Block) besitzt das Ruhe-EKG nur eine eingeschränkte Beurteilbarkeit. Für die stabile KHK hat es keinerlei Aussagekraft.⁵⁰

Das cardiale Troponin T hat sich als hilfreicher Prognosefaktor sowohl für Patienten mit stabiler KHK als auch für Patienten mit ACS entwickelt.^{48,81} Cardiale Troponin T Erhöhungen als Marker für eine myokardiale Zellnekrose finden sich in den üblichen laborchemischen Tests frühestens 3-4 Stunden nach einem Ischämieereignis.⁴⁸ Erfolgen Messungen in einem Zeitfenster von frühestens 6-12 h nach dem ersten Beschwerdeevent, kann ein ACS mit hoher Sicherheit bestätigt oder ausgeschlossen werden. Daher ist das Troponin T heute ein unverzichtbarer Marker in der Evaluation von Patienten mit ACS und zu einem Standard in der stationären Notfalldiagnostik geworden.^{48,87} Für Hausärzte ist die praktische Anwendung jedoch limitiert und die Bestimmung des Troponin T hat sich für die meisten Patienten als nicht sinnvoll erwiesen.^{15,50} Denn oft stellen sich die Patienten zu einem Zeitpunkt in der Praxis vor, in dem der Test aufgrund des vorgeschriebenen Zeitfensters häufig noch falsch-negativ sein kann und ein ACS daher nicht mit ausreichender Sicherheit aus-

geschlossen werden kann.⁷¹ Desweiteren gibt es auch Fälle, in denen das Troponin T auch bei Patienten mit nicht-kardiogenem Brustschmerz erhöht sein kann, wie beispielsweise bei einer Niereninsuffizienz oder Erkrankungen mit Myokardzellschäden wie der Myokarditis oder der dekompensierten Herzinsuffizienz.^{48,71}

Das Belastungs-EKG ist eine weitere mögliche diagnostische Ressource in Hausarztpraxen, wobei es nicht jeder Praxis zur Verfügung steht. Es kann als diagnostische Maßnahme zum Ischämienachweis bei stabiler KHK genutzt werden.⁵⁰ Ausgehend von einer belastungsinduzierten ST-Streckenveränderung als Beurteilungskriterium, hat es für die KHK allerdings nur eine moderate Aussagekraft.⁵⁰ In einer systematischen Metaanalyse von Studien aus der Primärversorgung, die ausschließlich Patienten mit Brustschmerz berücksichtigten, konnte nur eine positive Likelihood Ratio (LR+) von 3,1 und eine negative Likelihood Ratio (LR-) von 0,4 ermittelt werden. Die Autoren der Metaanalyse resümierten, dass das Belastungs-EKG für die KHK nur ein schwacher diagnostischer Test sei und nicht unabhängig von anderen anamnestischen Faktoren bewertet werden dürfe.⁷³ Hinsichtlich des ACS spielt das Belastungs EKG als diagnostisches Instrument keine entscheidende Rolle und wird in der aktuellen Literatur für den diagnostischen Entscheidungsprozess nicht explizit empfohlen.⁸⁷ Nur bei unauffälligem Ruhe-EKG und fehlenden Risikofaktoren in der Beobachtungsperiode kann es neben anderer Technik (Stress-Echo, Myokardszintigraphie, Stress-MRT) zum Ischämienachweis bei der Indikationsstellung zur Koronarangiographie genutzt werden.⁴⁸ Bei nicht beschwerdefreien Patienten ist es kontraindiziert.⁴⁸

1.3 Die diagnostische Aussagekraft der Schmerzlokalisation bei Brustschmerzpatienten

Die ersten wichtigen Schritte zur Evaluierung von Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung sind die ausführliche Anamnese und die klinische Untersuchung. Dabei kann jeder einzelne Faktor, der hierbei erhoben wird, einen Hinweis auf die zugrunde liegende Erkrankung geben. Verschiedene Studien haben bereits die diagnostische Aussagekraft der unterschiedlichen Charakteristika aus Anamnese und klinischer Untersuchung, hauptsächlich für die kardiovaskulären Erkrankungen, analysiert. Beispielsweise wurden die Aussagekraft von Alter, Geschlecht und Schmerzcharakter für die KHK und das ACS evaluiert.^{9,17,23,73} Aussagen über den diagnostischen Nutzen speziell von der Schmerzlokalisation und -ausstrahlung für verschiedene Erkrankungen bei Brustschmerzpatienten gibt es hauptsächlich aus der Sekundärversorgung. Studien aus der Primärversorgung zu diesem Thema sind allerdings kaum zu finden. Dies lässt vermuten, dass noch keine hinreichende Evidenz über die Aussagekraft der Schmerzlokalisation in der klinischen Beurteilung von Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung vorliegt.

1.3.1 Brustschmerzlokalisation: Eine anatomische Erläuterung

Spricht man von der Brustschmerzlokalisation, so ist nicht nur der linksseitige oder retrosternale Thoraxschmerz gemeint, welchen man typischerweise mit dem akuten Myokardinfarkt assoziiert. Es ist schwierig genaue anatomische Landmarken festzulegen. Denn die Lokalität „Brust“ kann individuell sehr unterschiedlich betrachtet werden und alle Regionen einbeziehen, die von der Taille aufwärts liegen. Auch an Stellen, die man nicht a priori mit der „Brust“ assoziiert, wie beispielsweise Rücken, Nacken, Schultern und Epigastrium, können Brustschmerzen auftreten.⁵³ Laut der aktuellen Brustschmerz-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Allgemein- und Familienmedizin (DEGAM) versteht man unter Brustschmerz: „Alle Schmerzempfindungen im weiteren Sinne [...] im Bereich des vorderen und seitlichen Thorax [...] Schmerzen im Epigastrium oder im Rücken werden nur behandelt, soweit Brustschmerzen in diese Regionen ausstrahlen“.⁵⁰ Eine einheitliche Definitionen ist also schwierig. Hausärzte müssen daher bei jedem Patienten individuell entscheiden, ob es sich um Brustschmerz handelt oder nicht.

1.3.2 Daten zur diagnostischen Aussagekraft der Brustschmerzlokalisation aus der Sekundärversorgung

Studien, welche die diagnostische Aussagekraft von Brustschmerzlokalisation und -ausstrahlung untersucht haben, stammen hauptsächlich aus der Sekundärversorgung und konzentrieren sich auf die kardiovaskulären Ursachen für Brustschmerz.^{1,6,17,23,37,40,44,116}

Mehrere Autoren untersuchten, ob ein Zusammenhang zwischen Schmerzlokalisation, -ausstrahlung und einem akuten kardiovaskulären Ereignis besteht. So stellten beispielsweise Berger et al. heraus, dass der wichtigste und spezifischste Faktor mit dem besten positiven prädiktiven Wert zur Erkennung eines akuten Myokardinfarktes die Ausstrahlung in den rechten Arm war.⁶ Goodacer et al. konnten in ihrer Studie der Schmerzausstrahlung in beide Arme einen prädiktiven Nutzen für das ACS zuschreiben.⁴⁴ Everts et al. hingegen beobachteten, dass Patienten mit akutem Myokardinfarkt (AMI) häufiger Schmerzen im rechten oberen Thoraxquadranten und Schmerzausstrahlung in beide Arme angaben, als Brustschmerzpatienten ohne AMI.⁴⁰ Eine weitere Studie aus England konnte wiederum nachweisen, dass Herzinfarktpatienten signifikant häufiger Schmerzen in der rechten und linken Schulter verspürten, als Patienten ohne dieses Ereignis.¹

Dabei ist jedoch zu beachten, dass all diese Ergebnisse aus dem Hochprävalenzsetting stammen, in dem die Wahrscheinlichkeit für eine ernsthafte kardiale Erkrankung sehr hoch ist. Diese Erkenntnisse können daher nicht ohne Weiteres auf das besondere Setting der Primärversorgung übertragen werden, in denen die Patientenpopulation unterschiedlicher und Prävalenzen für verschiedene Erkrankungen niedriger sind.

1.3.3 Daten zur diagnostischen Aussagekraft der Brustschmerzlokalisation aus der Primärversorgung

Betrachtet man die Studienlage aus der Primärversorgung, so existieren bisher nur sehr wenige Projekte, welche die diagnostische Aussagekraft der Schmerzlokalisation speziell für die KHK und das ACS oder für andere Differentialdiagnosen untersucht haben. Systematische Literaturrecherchen mit den passenden Schlagwörtern brachten keinen Erfolg. Dies bestätigt auch der Methoden- und Evidenzreport der aktuellen Brustschmerz-Leitlinie der DEGAM, indem systematische Literaturrecherchen für verschiedene Fragestellungen zum Überthema „Brustschmerz in der Primärversorgung“ dokumentiert sind.⁴⁷ Studien zur diagnostischen Aussagekraft von

Symptomen, Zeichen und Risikofaktoren hinsichtlich der KHK und dem ACS waren hauptsächlich aus dem Hochprävalenzbereich zu finden.

Zu den wenigen Studien, die aus der Primärversorgung stammen, gehört u.a. das Projekt von Short et al.⁹⁷ Sie erhoben in einer prospektiven Studie die Anamnese von Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung und fragten auch explizit nach der Schmerzlokalisation. Eine Korrelation zwischen dem klassischen, retrosternalen Schmerz mit Ausstrahlung in beide Arme und einem Herzinfarkt konnte hier nicht festgestellt werden. In einer systematischen Übersicht konnten Mant et al. nachweisen, dass der klassische zentrale Vernichtungsschmerz, der oft mit dem akuten Koronarsyndrom in Zusammenhang gebracht wird, keinen diskriminativen Wert für das ACS bei Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung hatte. Schmerzen, die in den rechten Arm ausstrahlen, waren hingegen mit größerer Wahrscheinlichkeit mit dem ACS assoziiert.⁷³

Die bisher aktuellste Studie aus der Primärversorgung, die auch die Schmerzlokalisation hinsichtlich ihrer diskriminativen Eigenschaft untersucht hat, stammt aus der Schweiz. Verdon et al. analysierten in ihrer Erhebung u.a. auch die Schmerzlokalisation für das Brustwand Syndrom, der in der Primärversorgung häufigsten Ursache für Brustschmerz. Sie konnten dem Schmerz, der links und mittig-links auf der Brustwand auftrat, einen diskriminativen Nutzen für das Brustwand Syndroms zuschreiben.¹⁰⁹

Diese Daten reichen allerdings nicht aus, um valide Aussagen darüber machen zu können, ob Schmerzlokalisation und -ausstrahlung für einen Hausarzt in der Diagnosefindung für verschiedene Erkrankungen hilfreich sind. Ganz besonders hinsichtlich der diskriminativen Eigenschaft für die KHK fehlen noch aussagekräftige Daten.

1.4 „Pain Mapping“: Die graphische Darstellung von Schmerz

„Zeigen Sie mir, wo Sie Schmerzen haben!“

Eine bis heute gängige Methode, die Lokalisation von Schmerzen im klinischen Alltag zu erfassen und zu analysieren, ist die graphische Visualisierung durch Bilder, durch die sogenannten „Pain Maps“. Dabei handelt es sich um eine Methode, in denen Schmerzpunkte, Schmerzregionen und Schmerzzentren entweder handschriftlich oder digital kartographiert werden.⁹⁶ Das heißt, dass die Schmerzlokalisationen auf verschiedene Arten graphisch abgebildet und illustriert werden. Der fundamentalste Nutzen dieser Schmerzgraphiken ist die topographische Beschreibung von Schmerzdistributionen. Sie veranschaulichen, wo Schmerzen wahrgenommen werden, und dienen dazu, eine subjektive Empfindung in bildlicher Form auszudrücken und dadurch objektivierbar zu machen.

Der Gebrauch von „Pain Maps“ ist in der klinischen Praxis weit verbreitet. Sowohl Ärzte als auch Patienten nutzen die Möglichkeit, Schmerzen graphisch darzustellen. Grundsätzlich ist zwischen zwei Formen des „Pain Mappings“ zu unterscheiden. In der einen ist der Patient selbst der Zeichner, in der anderen erstellt der Arzt anhand von Beschreibungen des Patienten Bilder, welche die Schmerztopographien abbilden.

Formen und Varianten von Schmerzgraphiken sind genauso vielfältig wie ihr Nutzen. Besonders in den letzten 30 - 40 Jahren haben der Gebrauch und die Weiterentwicklungen von Schmerzgraphiken zugenommen, wodurch eine Vielzahl von Innovationen auf diesem Gebiet zu finden sind.^{2,96}

1.4.1 Methoden von gestern bis heute

Der Gebrauch von Bildern, um Schmerzen zu porträtieren und zu kommunizieren, ist bereits seit Jahrhunderten eine beliebte und einfache Methode.

Erstmalig machte sich dies Albrecht Dürer im 16. Jahrhundert zunutze, indem er in einem Selbstporträt eine schmerzhafteste Stelle auf der linken Flanke einzeichnete und seinem Arzt zukommen ließ, um auf diese Weise zu demonstrieren, wo genau er die Beschwerden hatte. Es heißt, Dürer präsentierte schon damals den heutigen Prototyp der Schmerzgraphik.⁹⁵

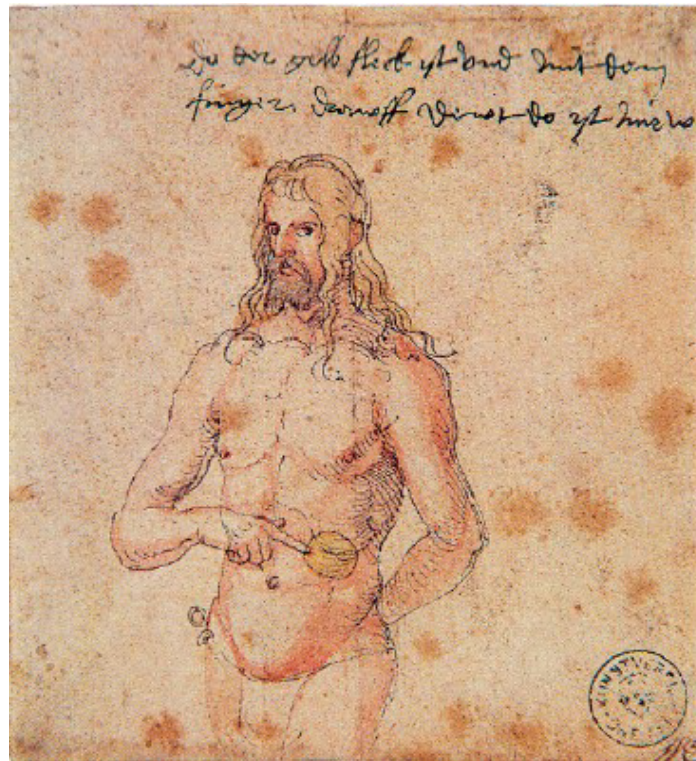


Abbildung 1: Der kranke Dürer („The Sick Dürer“) von Albrecht Dürer (1471 - 1528), Kunsthalle Bremen.⁹³

Viele Jahrhunderte später war es Palmer H., der 1949 den klinischen Gebrauch von Schmerzgraphiken erstmalig wieder einführte.⁸³ Er benutzte sie, um verschiedene Schmerzqualitäten graphisch darzustellen und um zwischen funktionalen und organischen Schmerzen zu unterscheiden.

1975 entwickelten Melzack et al. das McGill Pain Questionnaire (MPQ). Mit diesem Fragebogen war es möglich, sowohl die qualitativen als auch die quantitativen Aspekte von Schmerzen zu erheben und zu messen.⁷⁵ Anhand von vier Subkategorien wurde das subjektive Schmerzerlebnis spezifiziert, in dem Patienten u.a. über Schmerzqualität, -intensität und die räumliche Schmerzdistribution befragt wurden. Zur Erfassung der Schmerzlokalisierung diente eine anatomische Konturabbildung des menschlichen Körpers, auf der die Patienten den Ort ihrer Schmerzen einzeichnen konnten. Diese Schmerzgraphik war hier ein valides und verlässliches Instrument zur Erfassung der Schmerzlokalisierung, welches seitdem auch immer wieder von anderen Autoren genutzt wurde.^{25,36}

Seither sind Schmerzgraphiken im klinischen Gebrauch ein fester Bestandteil, aus denen unterschiedlichste Konzepte entwickelt wurden.

Eine der üblichsten Formen zur Analyse von Schmerzlokalisierung ist die Clustermethode, die auch als Gittermethode bezeichnet wird. Sie wurde in den oben bereits zitierten Brustschmerzstudien angewendet^{1,6,40,44,109} und stellt eine der gängigsten Methoden dar, um Schmerzlokalisationen graphisch zu erfassen und zu quantifizieren. Erstmals wurde die Datenaggregation durch Gitterschemata 1986 von Margolis et al. beschrieben.⁷⁴ Die Körperoberfläche wird hierbei in nummerierte Quadrate eingeteilt, in welchen Schmerzlokalisationen markiert werden. Diese markierten Areale, wie beispielsweise „oberer rechter Quadrant“, werden für die weitere Datenanalyse aggregiert und ausgezählt.

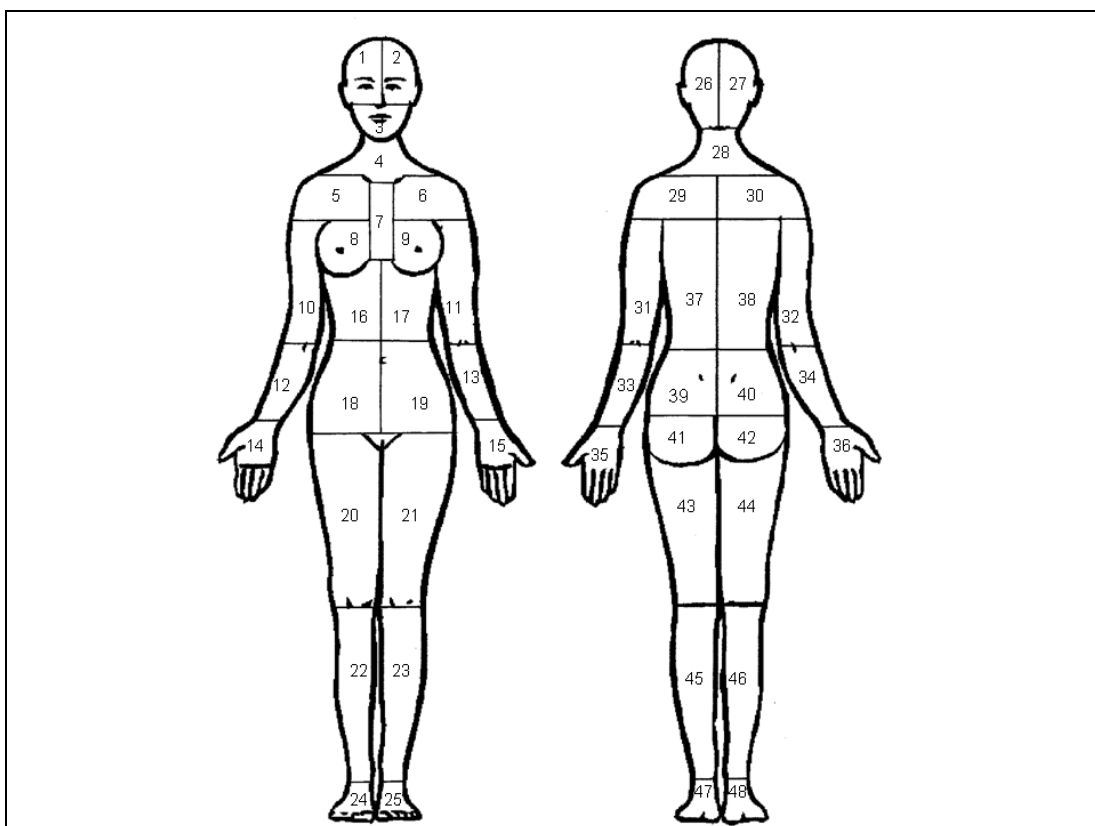


Abbildung 2: Beispiel der Gittermethodik zur Erfassung der Schmerzlokalisierung

Mittlerweile wurden die Techniken modernisiert und weiter entwickelt. So existieren heute auch digitale Methoden, mit denen es möglich ist, Schmerzlokalisationen graphisch darzustellen. Diverse Computerprogramme ermöglichen es, digitale Bilder zu erzeugen und eine neue Dimension des „Pain Mappings“ zu eröffnen. So gibt es beispielsweise Methoden, in denen Patienten selber per Touchscreen ihre Schmerzen über einen Computer einzeichnen², oder aber zuvor auf Papier angefertigte „Pain Maps“ durch eine dritte Person über „Computer-Tablets“ und Bildbearbei-

tungsprogramme digitalisiert werden.⁵⁶ Dabei werden zumeist zwei-dimensionale Bilder erzeugt, die anhand von transformierten Daten übereinandergelegt und ausgewertet werden können.^{72,85} Als innovativste Methode ist das 3-D-„Pain Mapping“ in Erprobung. Patienten können auf diese Art und Weise anhand von Computerapplikationen Schmerzlokalisationen so wirklichkeitsnah wie möglich auf allen Körperregionen im Detail demonstrieren.⁵⁵

1.4.2 Anwendung von Pain Maps im klinischen Alltag

Im klinischen Alltag sind der Nutzen und Gebrauch von Schmerzgraphiken vielfältig. Vor allem in den wissenschaftlichen Bereichen Rückenschmerzen^{72,105}, Onkologie^{2,56}, Orthopädie^{4,106}, Kopfschmerzen⁹² und somatosensorischen Schmerzstörungen^{33,85}, machen sich Autoren „Pain Maps“ auf folgende Weise zunutze:

- **Deskriptiv:**

In ihrer einfachsten Verwendungsform dienen Schmerzgraphiken dazu, Lokalisationen zu beschreiben. Die Topographie von Schmerzpunkten, Schmerzregionen und Schmerzzentren werden deskriptiv veranschaulicht. Sie präsentieren die räumliche Verteilung auf der Körperoberfläche in graphischer Form, was allein durch verbale Beschreibung nicht darzustellen wäre. Für den Arzt ist sie eine sehr praktische und einfach zu handhabende Ressource, um die topographische Distribution von Schmerzen zu erfassen und in einen Gesamtzusammenhang mit dem Beschwerdebild seines Patienten zu bringen.

- **Kommunikativ:**

Desweiteren sind „Pain Maps“ ein geeignetes Kommunikationsmittel zwischen Arzt und Patient. Die Evaluation von Schmerzpatienten ist schwierig, da der Schmerz eine sehr subjektive Empfindung ist, die oft schwierig in Worte zu fassen ist.⁷² Die bildliche Darstellung bietet daher für den Patienten eine gute Möglichkeit sich auszudrücken. Die Vielfalt an Gestaltungsoptionen ist groß. So können Patienten beispielsweise durch den Gebrauch von verschiedenen Zeichen, Formen und Farben nicht nur Schmerzen lokalisieren, sondern auch charakterisieren. „Pain Maps“ helfen so die Beschreibungen des Patienten hinsichtlich Ursprung und Lokalisation der Schmerzen zusammenzufassen. Die Methode trägt demzufolge dazu bei, die Kommunikation zwischen Arzt und Patient zu verbessern.¹⁰⁵

- **Diagnostisch:**

Der diagnostische Nutzen von Schmerzgraphiken ist noch umstritten und wird in der Literatur intensiv diskutiert.⁹⁶

Autoren sind sich beispielsweise darüber uneinig, ob es anhand von Schmerzbildern möglich ist auch auf die zugrunde liegende Ätiologie zu schließen. So schrieben Rankine et al. 1989 „Pain Maps“ nur einen limitierten diagnostischen Nutzen hinsichtlich der Erkennung von Patienten mit Nervenwurzelkompression zu und warnten vor frühzeitigen Rückschlüssen auf die Diagnose.⁸⁶ Andere Autoren behaupten allerdings, dass sich „Pain Maps“ sehr wohl dazu eignen, Patienten in bestimmte Diagnosegruppen einzuteilen und dadurch eine Aussage über die Ätiologie der Schmerzen machen zu können. Diese Studien stammen besonders aus dem Bereich der Evaluation von Rückenschmerzen^{72,105,107} und somatoform-funktionalen und somatosensorischen Schmerzstörungen.^{33,85}

Häufig diskutiert wird auch die Frage, ob es anhand von Schmerzgraphiken möglich ist, zwischen organischem und funktionalem Schmerz zu unterscheiden und in der Konsequenz eine Aussage über eventuelle Beeinflussung von psychischen Faktoren auf die Schmerzwahrnehmung zu machen. Auch hier sind die Meinungen kontrovers. Einige Autoren sind der Ansicht, dass man anhand von bestimmten Schmerzlokalisationsmustern feststellen kann, ob Schmerzen organisch sind oder eine psychisch-funktionelle Komponente tragen.^{33,83,105} Parker et al. behaupten hingegen, dass es anhand von „Pain Maps“ nicht möglich ist, zwischen organischen und nicht organischen Schmerzmodellen zu differenzieren.⁸⁴ Dies bestätigt auch ein Review-Artikel aus dem Jahr 2006.²¹ Hier konnten die Autoren keine hinreichende Evidenz für den Gebrauch von „Pain Maps“ als Assessmentinstrument im psychologischen Screening von Schmerzpatienten finden und rieten von deren Gebrauch als solches ab.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Gebrauch von „Pain Maps“ im klinischen Alltag weit verbreitet ist und eine entscheidende Ressource in der Deskription von Schmerzlokalisation darstellt. Ihr diagnostischer Nutzen muss jedoch noch weiter erforscht werden, um eine einheitliche Aussage über die diskriminative Relevanz machen zu können.

1.4.3 Vor- und Nachteile von „Pain Maps“

Warum sind „Pain Maps“ im klinischen Alltag so beliebt?

Vorteile

- Sie sind ein gutes Mittel, um schnell und einfach Schmerzlokalisierung zu beschreiben und zu erfassen. Allein durch „Eyeballing“ kann ein Eindruck von Schmerzmustern erhalten und in einen klinischen Gesamtzusammenhang eingeordnet werden.
- Es handelt sich um eine traditionsreiche Methode, die sich über mehrere Jahrhunderte als medizinisches Instrument bewährt hat. Trotz immer neuer Innovationen bleibt die Grundidee und das Gerüst dahinter stabil und die Anwendung stets sehr praktikabel.⁹⁶
- „Pain Maps“ sind ein sehr globales Instrument und werden weltweit im Schmerzassessment verwendet. Sie können daher benutzt werden, um zwischen verschiedenen Populationen zu vergleichen und demzufolge für epidemiologische Studien angewendet werden.³⁶
- Sie haben einen großen Nutzen in der quantitativen Auswertung von Schmerzverteilungen auf dem Körper. Anhand verschiedener „Pain Mapping“-Methoden ist es möglich, Schmerzgraphiken zu aggregieren und eine Aussage über die Verteilung von Schmerzlokalisierung in unterschiedlichen Patientengruppen zu machen.
- „Pain Maps“ stellen ein wichtiges Kommunikationsmittel zwischen Arzt und Patient dar. Die graphische Darstellung von Schmerzen bietet dem Patienten eine leichte Möglichkeit, sich verständlich zu machen und seine Schmerzwahrnehmung nach außen zu tragen. Dem Arzt bietet dies eine Chance, seinen Patienten besser verstehen und seine Beschwerden leichter evaluieren zu können.

Nachteile

- Bisher ist es üblich mit zwei-dimensionalen „Pain Maps“ zu arbeiten. Da aber der menschliche Körper eine drei-dimensionale Struktur besitzt, können Schmerzen, die in der Tiefe verspürt werden, nicht ohne Weiteres auf eine zwei-dimensionale Körperoberfläche projiziert werden. Hierin liegt eine Quelle für Fehlinterpretation und macht die Unterscheidung zwischen profunden und oberflächlichen Schmerzen schwierig. Neuerdings gibt es allerdings

auch drei-dimensionale Formate, mit denen dieses Problem möglicherweise umgangen werden kann.⁵⁵

- Um „Pain Maps“ neben ihrem rein deskriptiven Nutzen auch für analytische Zwecke zu verwenden, müssen sie auch interpretiert werden. Aber jede Interpretation, sei es von Ärzten oder von Wissenschaftlern, birgt Fehlerquellen und kann die eigentliche Aussage, die einer Schmerzgraphik zugrunde liegt, verfälschen. Die Schwierigkeit liegt also darin, subjektive Empfindungen, die durch quantitative Methoden objektivierbar werden, nicht durch qualitative und auf persönlichen Erfahrungen basierende Interpretationen zu verzerren.

1.4.4 „Pain Mapping“ für das Leitsymptom Brustschmerz

Die graphische Darstellung von Schmerz ist ein bedeutendes und vielseitig genutztes klinisches Instrument, welches auch für die Evaluation von Brustschmerzpatienten gut geeignet ist. Die üblichen Methoden, die bisher in der Analyse von Schmerzlokalisationen bei Brustschmerzpatienten verwendet werden, resultieren jedoch in einem großen Datenverlust für detaillierte Schmerzdistribution. Vor allem die oben beschriebene „Clustermethode“, die besonders häufig für die Analyse von Brustschmerzlokalisation Anwendung findet, ist nur ein ungenaues Instrument. Aber vor dem Hintergrund der vielen Innovationen und Modifikationsmöglichkeiten in der Anwendung von „Pain Maps“, ist es durch modifizierte Versionen möglich, eine exaktere Datenerfassung und -analyse der Schmerzlokalisationen und -ausstrahlungen von Brustschmerzpatienten zu erhalten. Deshalb wurde für dieses Projekt, in dem die graphische Darstellung von Schmerzdistribution eine zentrale Rolle spielt, eine neue Form des „Pain Mappings“ entwickelt, um die Schmerzlokalisationen und -ausstrahlungen von Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung zu evaluieren.

1.5 Fragestellung

Brustschmerzen und ihre klinische Handhabung sind ein hochrelevantes Thema in der Primärversorgung.

In diesem Projekt soll herausgefunden werden, welche Rolle speziell die Schmerzlokalisation und -ausstrahlung in der kritischen Evaluation von Brustschmerzpatienten spielen und ob sie diagnostisch hilfreich sind, um zwischen der KHK und anderen Ursachen für Brustschmerz zu unterscheiden.

Dazu sollen die folgenden Forschungsfragen auf zwei verschiedene Weisen beleuchtet werden:

1.) Deskriptiv

Welche Schmerzregionen und -ausstrahlungen zeigen sich für verschiedene Diagnosen?

2.) Analytisch

- a) Ist bei Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung die Schmerzlokalisation hilfreich, um zwischen der KHK und anderen Erkrankungen (z.B. Brustwandtsyndrom, gastroösophagealem Reflux, psychogenem Brustschmerz) zu diskriminieren?
- b) Gibt es bei KHK-Patienten hinsichtlich der Schmerzlokalisation Unterschiede zwischen Männern und Frauen?

2 Material und Methoden

Die vorliegende Arbeit ist eine spezifische Teilauswertung, die auf den Daten der Marburger Brustschmerzstudie: "Der Thoraxschmerz- eine prospektive und symptomevaluierende Studie" aus dem Jahr 2005/06 basiert. Das Ziel war es, die digitalen Bilder einer großen Kohorte von unselektionierten und konsekutiv rekrutierten Brustschmerzpatienten aus der Primärversorgung zu analysieren und anhand von Überlagerung, Schmerzzentren für bestimmte Ätiologien von Brustschmerz darzustellen. Es sollten dabei möglichst genaue graphische Daten entstehen, die eine exakte Abbildung der ursprünglichen anatomischen Schmerzverteilung auf dem Thorax gewährleisten. Auf diese Weise sollte herausgefunden werden, ob es Unterschiede hinsichtlich der Schmerzlokalisierung zwischen KHK-Patienten und anderen Brustschmerzpatienten gibt.

2.1 Primärstudie

2.1.1 Studiendesign

Bei der Marburger Brustschmerzstudie handelt es sich um eine diagnostische Querschnittsstudie aus dem Setting der Primärversorgung, in welcher die diagnostische Aussagekraft von Anamnese und Befund in Bezug auf die KHK untersucht wurde. 1212 Patienten wurden konsekutiv rekrutiert und klinische Daten in einer 6-monatigen Nachbeobachtungsperiode durch ein Referenz-Komitee ausgewertet und analysiert.

2.1.2 Teilnehmende Ärzte und Patienten

Insgesamt wurden 209 Hausarztpraxen aus Hessen zur Teilnahme an der Studie gebeten, wovon 74 Praxen (35,4 %) zusagten. Alle Studienärzte wurden aus einem Pool von Forschungspraxen der Abteilung für Allgemeinmedizin der Philipps Universität Marburg rekrutiert.

Jeder Patient mit Brustschmerzen, sowohl diejenigen mit Brustschmerz als direktem Konsultationsanlass als auch diejenigen, die Schmerzen erst auf Nachfrage des Arztes angaben, wurde eingeschlossen. Auch Patienten, die von ihrem Hausarzt während Hausbesuchen und Notfalleinsätzen gesehen wurden, wurden in die Studie eingeschlossen.

Weitere Einschlusskriterien waren ein Alter von über 35 Jahren und Brustschmerzen, Enge- oder Druckgefühl im vorderen Thoraxbereich, zwischen Clavicula, unterem Rippenbogen und hinterer Axillarlinie. Ebenso wurden alle Patienten mit akutem und chronischem Brustschmerz sowie mit bereits bekannter KHK rekrutiert.

Ausschlusskriterien waren aktuelle Brustschmerzepisoden, die mehr als einen Monat zurücklagen oder bereits medizinisch abgeklärt waren. Auch Patienten, die zur Wiedervorstellung mit Brustschmerzen kamen, wurden von der Studie ausgeschlossen.

2.1.3 Durchführung

Der Rekrutierungszeitraum betrug für jede Praxis zwölf Wochen und wurde in vier Staffeln zwischen Oktober 2005 und Juli 2006 durchgeführt.

Alle Patienten wurden anhand eines standardisierten Fragebogens zu ihren Brustschmerzen befragt sowie körperlich untersucht. Zu den verschiedenen Index-Tests gehörten der erste Eindruck des Arztes, Dauer, zeitlicher Verlauf, Charakter und Lokalisation des Schmerzes, begleitende vegetative Symptomatik, Risikofaktoren, Vorerkrankungen, relevante Befunde und die Verdachtsdiagnose des Hausarztes. Innerhalb der Rekrutierungsperiode wurden Qualitätskontrollen durchgeführt, um zu überprüfen, ob auch alle Patienten mit Brustschmerzen von den Ärzten erfasst und die Daten vollständig in die Erhebungsbögen eingetragen wurden. Da die Dokumentationsbögen ein wichtiges Instrument für die Sekundäranalyse waren, werden weitere Details hierzu weiter unten in Kapitel 2.2.2 besprochen.

Ein unabhängiges Referenzkomitee, bestehend aus einem Allgemeinmediziner, einem Kardiologen und einem Mitarbeiter der Abteilung für Allgemeinmedizin der Universität Marburg, entschied nach Ablauf der 6-monatigen Nachbeobachtungsperiode anhand der vorliegenden Patientendaten über deren endgültige Diagnose, die am wahrscheinlichsten zum Zeitpunkt der Erstkonsultation vorgelegen hatte („Delayed Type Referenz Standard“).¹¹

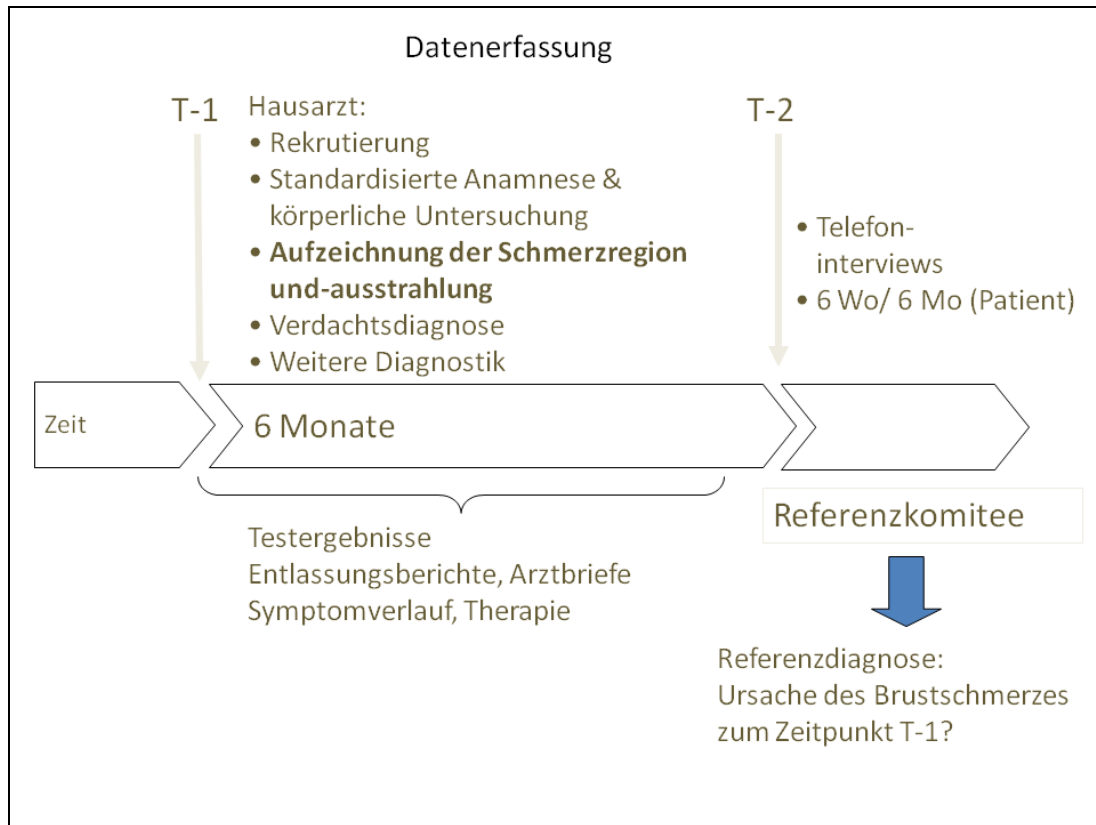


Abbildung 3: Studienablauf der Primärstudie

Die statistische Auswertung erfolgte über verschiedene Analyseverfahren, wodurch sowohl quantitative Angaben, als auch analytische Daten für die einzelnen Variablen des Erhebungsbogens ermittelt werden konnten. Anhand dieser Ergebnisse erfolgte im Verlauf die Entwicklung und Validierung des Marburger Herzscores.¹²

2.2 Sekundäranalyse

2.2.1 Hintergrund

Diese vorliegende Sekundäranalyse konzentrierte sich als Teilauswertung nur auf die Patientenangaben zur Schmerzlokalisierung und -ausstrahlung. Dafür wurden die standardisierten Erhebungsbögen, welche die Hausärzte bei Erstkonsultation verwendet hatten, neu ausgewertet. Schmerzregionen und -ausstrahlungen, die zuvor in den Erhebungsbögen dokumentiert worden waren, wurden mit einer neu entwickelten Computer-Software digitalisiert und die Schmerzzentren für die verschiedenen Diagnosen, stratifiziert nach Alter und Geschlecht, graphisch dargestellt.

Dieses Projekt entstand in einer engen Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe "Computational Intelligence" von Herrn Prof. E. Hüllermeier aus dem Institut für Mathematik und Informatik der Philipps-Universität Marburg. Deren Mitarbeiter, Patrice Schlegel, entwickelte die Computer-Applikation, mit der die Daten für diese Arbeit erstellt wurden.

2.2.2 Dokumentationsbögen

Im Rahmen der Primärstudie wurde jedem Hausarzt zur Erstkonsultation ein standardisierter Fragebogen ausgehändigt, mit dem er die verschiedenen Daten bei jedem Brustschmerzpatienten erheben sollte. Als ein Unterpunkt der Anamnese wurde der Patient aufgefordert, seinem Arzt die Lokalisation und -ausstrahlung des Brustschmerzes zu beschreiben. Anhand dieser Angaben zeichnete der Hausarzt mit einem Stift die Schmerztopographien in eine vorgefertigte Thoraxgraphik auf dem Dokumentationsbogen ein. Diese Graphik war ein Piktogramm des menschlichen Oberkörpers, jeweils frontal und dorsal abgebildet. Die Ärzte erhielten die Anweisung, die Schmerzlokalisierung in Form von Strichen und deren Ausstrahlung durch einen Pfeil in die Abbildung zu übertragen. Zur Erklärung war jeweils ein graphisches Beispiel für die gewünschte Form der Striche und Pfeile neben der Thoraxgraphik abgebildet. Das Piktogramm war so konstruiert, dass die wichtigsten anatomischen Strukturen, wie das Sternum, die beiden Claviculae, die Schulterblätter und die Mamillen als Orientierungspunkte dienten, um dem Hausarzt eine möglichst genaue Übertragung zu ermöglichen. Pro Patient konnten mehrere Schmerzregionen und Ausstrahlungspfeile eingezeichnet werden. Die Qualitätsprüfungen während der Rekrutierungsperiode gewährleisteten, dass alle Dokumentationsbögen auch vollständig und korrekt ausgefüllt wurden.

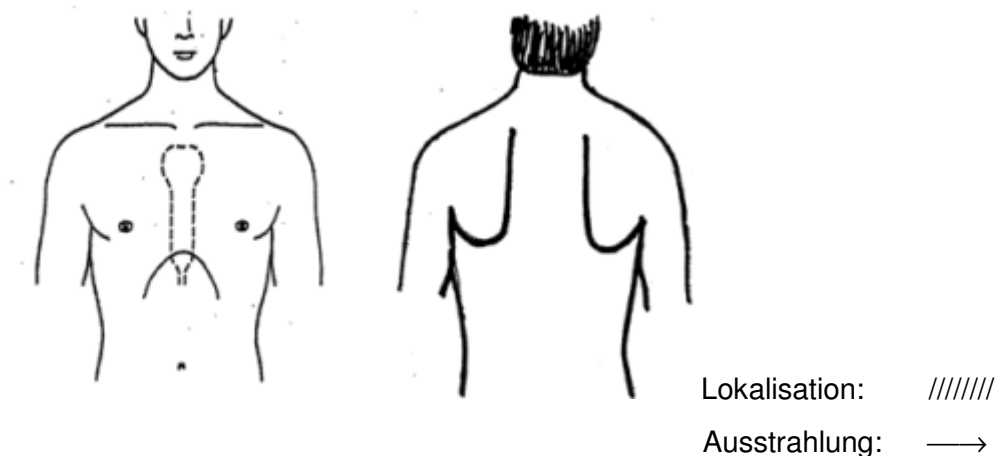


Abbildung 4: Thoraxpiktogramm des Erhebungsbogens

2.2.3 Die Computer-Applikation

Mit der für diese Analyse speziell entwickelten Computer-Applikation, war es möglich, die Graphiken auf den Erhebungsbögen manuell mit dem Maus-Cursor auf den Computer zu übertragen und zu digitalisieren.

Diese „Pain Region Application“ bestand konzeptionell aus zwei funktionellen Bereichen mit einer kombinierten Schnittstelle: zum Einen für die Daten-Eingabe und zum Anderen für die Analyse und visuelle Aufbereitung der Ergebnisse. Der Bereich der Dateneingabe bestand aus der exakten Abbildung des während der Primärstudie verwendeten Piktogramms. In dieses wurden per Maus-Cursor die Schmerzregionen durch ein gefülltes, hochdimensionales Polygon für jeden Patienten individuell eingezeichnet. In einem zweiten Arbeitsschritt erfolgte die Einzeichnung der Schmerzausstrahlung anhand von Pfeilen aus hochdimensionalen Polygonzügen. Der Eingabeprozess bestand demzufolge erstens aus dem "Nachzeichnen" und somit der homogenen Digitalisierung der Daten, zweitens aus der Eingabe der Patientenidentifikationsnummer als Erkennungsmerkmal und drittens aus der anschließenden Speicherung. Als Resultat der Dateneingabe wurden jeweils ein Bild für die Schmerzregion und ein Bild für die Schmerzausstrahlungs-Pfeile in einer gemeinsamen Auflösung unter Verwendung der Patientenidentifikationsnummer (Patienten-ID) als Dateiname in verschiedenen Ordnern gespeichert. Es handelte sich bei den Bildern um binäre Graphiken (schwarz-weiß) aus schwarzen Pixeln, die jeweils eine Schmerzregion abbildeten.

Um dann die für unsere Analyse benötigten Bilder zu erzeugen, filterte die Applikation die Patienten heraus, für die eine Kombination von verschiedenen Attributen zu-

traf, und legte deren Bilder "übereinander". Dieser Prozess bestand aus dem Zählen, wie häufig ein bestimmtes Pixel $p(x_i, y_j)$ über alle gefilterten Patienten den Wert "1" bzw. "true" angenommen hatte. Die so aus n Binärbildern konstruierte Matrix enthielt somit pro Koordinate einen ganzzahligen Wert zwischen 0 und n , welcher dann wahlweise entweder auf einer Farbskala oder auf einer Graustufenskala abgebildet wurde. Die Ausgabe des resultierenden Überlagerungsbildes erfolgte im Fenster der Eingabeanzeige und war in der Folge ebenfalls als Bild speicherbar.

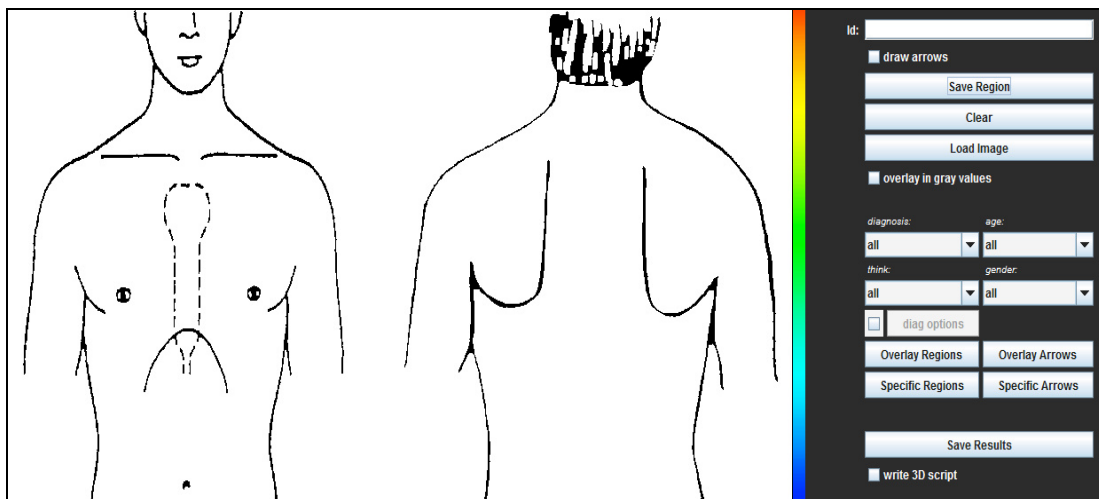


Abbildung 5: Dateneingabefenster der Computer-Software: „Pain Region Application“

2.2.4 Erstellung der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Teilschritte, die für die Erstellung der Ergebnisse nötig waren, noch einmal im Detail veranschaulicht.

2.2.4.1 Dateneingabe

Die Eingabe der Bilder konnte prinzipiell an jedem beliebigen Computer erfolgen. Wichtig waren hierbei eine aktuelle Java-Version und eine hohe Bildschirmauflösung. Für dieses Projekt wurde mit der Microsoft Software Windows XP, einer Bildschirmauflösung von 1280*1024 Pixel und der Java Version 6.26 gearbeitet.

Eingabe der Schmerzlokalisierung:

Zur Übertragung der Schmerzregionen in das Programm wurde der Dokumentationsbogen des Patienten zur Hand genommen und die Patientenidentifikationsnummer (ID) in das vorgesehene Feld der Applikation eingegeben.

Dann wurde mit der Maus die Schmerzregion auf dem Papier in die identische Thoraxgraphik auf dem Computer manuell eingezeichnet. Die markanten Eckpunkte der Graphik, wie das Sternum, die Claviculae, die Zwerchfellgrenzen, die Mamillen sowie Körpergrenzen dienten als Orientierungslinien für eine genaue Eingabe. Wurde während des Zeichnens die Maus einmal abgesetzt, war es möglich am gleichen Bild wieder neu anzusetzen und das Bild weiter zu bearbeiten. Auf diese Weise konnte die Genauigkeit des Bildes verfeinert werden.

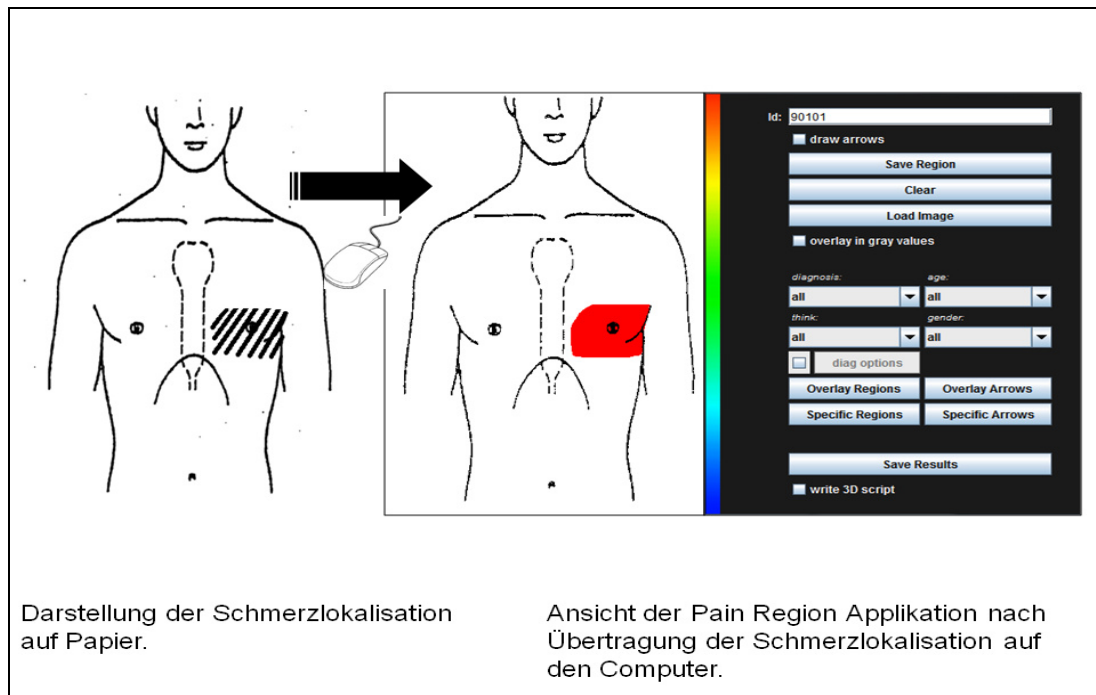


Abbildung 6: Workflow Eingabe Schmerzlokalisierung

Eingabe der Schmerzausstrahlung:

Hatten die Ärzte ebenfalls die Schmerzausstrahlung in Form von Pfeilen eingezeichnet, so wurde im Programm der Modus „Draw Arrows“ eingestellt und zusätzlich zur Region ein Pfeil in die Graphik eingezeichnet. Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Pfeilspitze genau mit dem Endpunkt der Pfeilspitze in der Papiergraphik übereinstimmte.

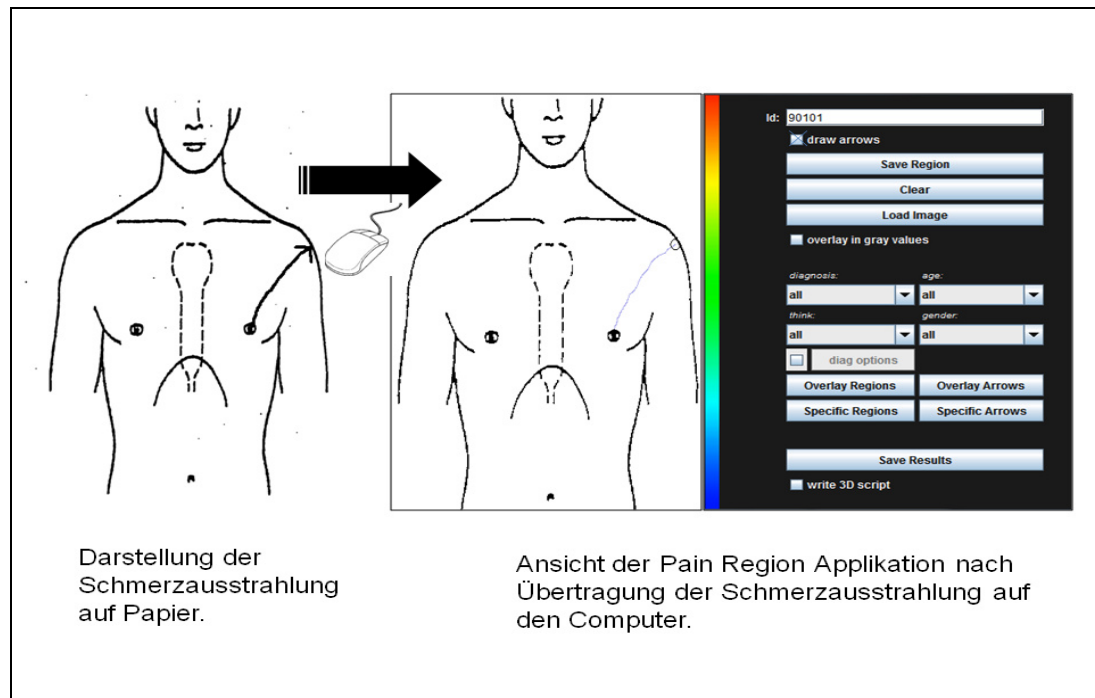


Abbildung 7: Workflow Eingabe Schmerzausstrahlung

Waren sowohl Pfeil als auch Region übertragen, wurden die Bilder über das Speicherfeld „Save“ in zwei separaten Ordnern als Binärgraphik gespeichert. Jeweils das Bild der Schmerzregion als auch das der Schmerzausstrahlung wurden unter dem Namen der Patienten-ID abgelegt.

Das Graphikformat der abgespeicherten Bilder war Bitmap und jedes Bild hatte eine Größe von 1,361 KB. Die Auflösung betrug für alle Bilder 900*516 Pixel.

Um die gespeicherten Bilder erneut zu betrachten, konnte über die Option „Load Image“ jeweils ein Lokalisationsbild oder Ausstrahlungsbild gezielt ausgewählt werden, um somit die Bilder erneut in das Formblatt des Programms zu projizieren. Dadurch bestand die Möglichkeit, die Eingaben im Nachhinein betrachten und beurteilen zu können und gegebenenfalls Änderungen vorzunehmen.

2.2.4.2 Datenverknüpfung

Um in dieser Sekundäranalyse die Schmerzlokalisationen und -ausstrahlungen nach Diagnosegruppen und bestimmten Patientencharakteristika stratifizieren zu können, mussten die Bilder der Patienten mit bestimmten klinischen Attributen aus der Primärstudie verknüpft werden.

Folgende Attribute waren für diese Arbeit relevant:

- die Referenzdiagnose
- die Altersgruppe
- das Geschlecht
- die Angabe: „Denkt der Patient, die Schmerzen kommen vom Herzen.“

Jedes dieser Attribute erhielt eine Kodierungsnummer, die zusammen mit der Patienten-ID in einer Datenbank-Textdatei des Typs ARFF gespeichert wurden.

Folgende Kodierungen wurden gewählt:

1.) Patienten-ID

Jede Patienten-ID bestand aus fünf Ziffern. Alle Patienten hatten die gleiche Primärziffer, die Nummer 9. Die folgenden beiden Ziffern waren numerisch angeordnet von 01 bis 76, gefolgt von zwei weiteren ordinalen Ziffern in aufsteigender Reihenfolge. Somit ergab sich für jeden Patienten eine 5-stellige ID:

Beispiel:

90101, 90102, 90103 [...] 97601, 97602, 97603

2.) Referenzdiagnosen

Jedem Patienten war durch das Referenzkomitee in der Primärstudie eine Diagnose zum Zeitpunkt der Erstkonsultation gestellt worden. Diese Differentialdiagnosen wurden jeweils mit einer Kennziffer von 1 - 29 durchnummeriert.

1	KHK stabil	11	Spontanpneumothorax	21	Thoraxtrauma
2	ACS			22	Schulter Schmerzen
3	Hypertonie	12	Lungenembolie	23	HWS-Erkrankung
4	Klappenfehler	13	Lungen-Neoplasie	24	Psychogene Beschwerden
5	Herzinsuffizienz	14	COPD	25	Sonstige Erkrankung
6	Herzrhythmus-Störungen	15	GERD	26	Keine Erkrankung angegeben
7	Myo-Perikarditis	16	Benigne Magenerkrankung	27	Akuter Myokardinfarkt
8	Sonstige kardiale Ursachen	17	Pankreatitis	28	Instabile Angina pectoris
9	Pleuropneumonie	18	Gallenerkrankung	29	Koronarstenose wegen einer Anomalie
10	Respiratorische Infekte	19	Brustwand-syndrom		
		20	Herpes Zoster		

Tabelle 3: Referenzdiagnosen

3.) Altersgruppen

Die Kodierung der drei Altersgruppen war wie folgt gewählt:

1= 35 - 50 Jahre

2= 51 - 65 Jahre

3= 66 - 99 Jahre

4.) Geschlecht

Die beiden Geschlechtsgruppen wurden auf diese Weise kodiert:

1 = männlich

2 = weiblich

5.) Denkt der Patient, die Schmerzen kommen vom Herzen

Dies war die Kodierung für die Patientengruppe, die eine Angabe über die Vermutung einer kardialen Genese gemacht hatte:

1 = ja

2 = nein

0 = nicht angegeben

2.2.4.3 Filterungsprozess

Aus den jeweiligen Kodierungen konnte jedem Patienten im Verlauf ein spezifischer Zahlencode zugeordnet werden, der die relevanten klinischen Informationen enthielt. Die jeweiligen Codes waren in einer ARFF Datei in folgender Reihenfolge angeordnet:

1. Attribute ID numeric, 2. Attribute Diagnose numeric, 3. Attribute Age numeric, 4. Attribute Gender numeric, 5. Attribute think numeric

Beispiel:

Patient 1: 90230,19,2,2,0

Patient 2: 90231,14,1,2,1

Über diesen spezifischen Zahlencode waren also die zuvor unter der Patienten-ID abgespeicherten Bilder mit den jeweils zugehörigen Patienteninformationen verknüpft. Im Filterungsprozess konnte das Programm dann über die Patienten-ID, die zutreffenden Bilder für bestimmte Attributkombinationen herausfiltern und aggregieren.

2.2.4.4 Datenaggregation

Mit der Computer-Applikation war es möglich, die Patienten anhand der gewünschten Attribute zu kategorisieren und für verschiedene Attributkombinationen Bilder zu aggregieren.

Über die jeweiligen Kodierungsnummern auf dem Arbeitsfeld der Applikation konnten die gewünschte Referenzdiagnose sowie die weiteren Attribute ausgewählt werden und über das Feld „Overlay Regions“ oder „Overlay Arrows“ eine Überlagerung der Einzelgraphiken produziert werden. Dies musste immer jeweils einmal für die

Schmerzlokalisierung und einmal für die Schmerzausstrahlung geschehen. Eine gemeinsame Darstellung in einem Bild war aus technischen Gründen nicht möglich.

Unter der Rubrik „Diagnose Options“ war es zudem möglich, ganz gezielt verschiedene Referenzgruppen miteinander zu kombinieren. So konnten beispielsweise alle Patienten mit einer kardialen Diagnose zusammen ausgewählt und herausgefiltert werden, oder zum Vergleich die Bilder aller Patienten aggregiert werden, die eine nicht-kardiale Ursache hatten.

Für jedes Überlagerungsbild gab das Programm immer die zugrunde liegende Patientenanzahl der jeweiligen Referenzgruppe sowie die Anzahl an maximalen Überschneidungen an. Zu beachten war, dass die tatsächliche Anzahl der dargestellten Pfeile nicht immer mit der angegebenen Patientenanzahl übereinstimmte, da die Ärzte pro Patient mehrere Pfeile einzeichnen konnten.

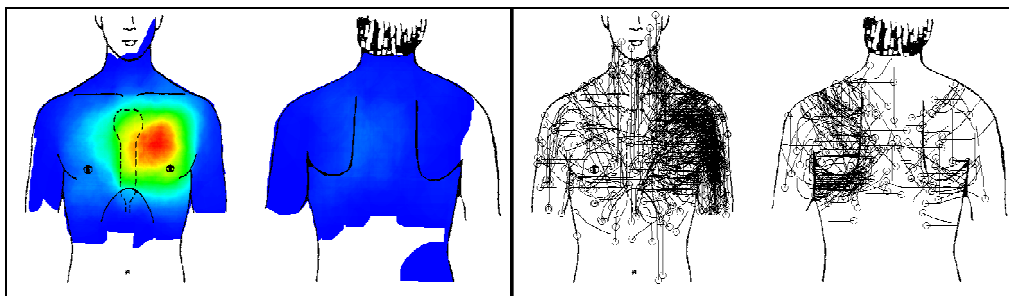


Abbildung 8: Beispiele für die Datenaggregation von Schmerzlokalisierung und -ausstrahlung

2.2.4.5 Farbskalierung

Anhand der RGB (Rot-Grün-Blau) -Farbskala neben der Ergebnisgraphik wurde die maximale Anzahl an Überschneidungen an jeder Pixelposition visualisiert. Die verschiedenen Farbtöne reflektierten das Maß an Überschneidungen. Während die warmen Farben, wie Rot, Orange und Gelb, viele Überschneidungen signalisierten, bedeuteten die kalten Farben, wie Grün, Türkis und Blau, dass es nur zu wenigen oder keiner Überschneidung gekommen war. Die Farbe Rot stand immer für die maximale Anzahl an Überschneidungen innerhalb einer Gruppe. So konnten daher in kleinen Referenzgruppen auch schon nur eine oder wenige Überlagerungen das Maximum an Überschneidungen bilden und damit den stärksten Rotton annehmen. Je mehr Patienten für eine Gruppe ausgewählt wurden, desto breiter war das farbli-

che Spektrum. Das tiefste Blau auf der Skala signalisierte, dass es an dieser Stelle zu keiner Überschneidung gekommen war.

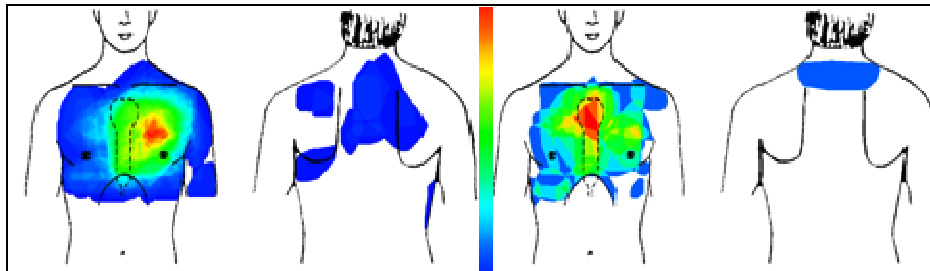


Abbildung 9: Beispiel der Farbskalierung für große und kleine Referenzgruppen

Die Überlagerungsbilder der Schmerzausstrahlungen wurden nicht in farblicher Differenzierung dargestellt. Ihre Aussagekraft wurde graphisch anhand ihrer Menge und den Häufungszentren der Pfeilspitzen vermittelt.

2.2.4.6 Stratifizierung

Für jede Referenzgruppe wurden sowohl ein aggregiertes Bild für die Schmerzlokalisierung als auch für die Schmerzausstrahlung erstellt. Zusätzlich erfolgte für alle Gruppen mit einer Patientenzahl größer als $n = 40$ eine Stratifizierung der Schmerzregionen und Schmerzausstrahlung nach Geschlecht. Für die Diagnosegruppen mit einer kleineren Fallzahl machte eine solche Stratifizierung keinen Sinn, da die Fallzahl zu niedrig war, um aussagekräftige Bilder zu produzieren. Für die Diagnosegruppen mit einer Fallzahl größer als 100 wurde desweiteren auch eine Stratifizierung nach dem Alter durchgeführt. Dies traf für folgende Gruppen zu:

- Brustwandsyndrom ($n = 565$)
- Stabile KHK ($n = 136$)
- Psychogene Beschwerden ($n = 115$)

2.2.5 Plausibilitätskontrolle

2.2.5.1 Dateneingabe

Nach der primären Eingabe von 1211 Bildern wurden alle Graphiken in einem zweiten Durchgang überprüft und, wenn nötig, Korrekturen vorgenommen. Zusätzlich überprüfte ein unabhängiger zweiter Beobachter eine Stichprobe der Eingaben (10 %). Nach dem Zufallsprinzip wählte er Dokumentationsbögen aus und über die Funktion "Load Image" konnten die Bilder anhand der ID wiederaufgerufen werden. Der Beobachter überprüfte die Genauigkeit der Eingaben, indem er sich an den Markierungslinien der Thoraxgraphik orientierte und nach Abweichungen zwischen Originalzeichnung und digitalisiertem Bild suchte. Bei den Schmerzausstrahlungsgraphiken konzentrierte er sich auf die Pfeilspitzen. Wo nötig, wurden finale Korrekturen vorgenommen.

2.2.5.2 Unklare Fälle

Um die Konsistenz der Daten zu gewährleisten, war ein exaktes Kopieren ohne Änderungen aufgrund von Eigeninterpretation nötig. Alle Bilder wurden genauso wie sie auf dem Papierbogen dokumentiert waren übertragen. Nur auf diese Weise konnte später ein einheitlicher Datensatz ohne Verzerrungen entstehen.

Dennoch war in einigen Fällen eine gewisse Interpretation und Abänderung durch den Auswerter nicht zu vermeiden. Diese Fälle wurden dokumentiert und mit einem zweiten unabhängigen Beobachter, einem Facharzt für Allgemeinmedizin, besprochen.

Folgende Unklarheiten führten zu einer nötigen Interpretation durch die Beobachter:

- Die Schmerzregionen wurden nicht durch die geforderten Striche, sondern durch andere graphische Formen wie einzelne große Kreuze, Punkte, Sternchen oder mehrere kleine Kreuze markiert. In diesen Fällen wurden die Kanten und Eckpunkte dieser Formen als Markierungsgrenzen der Schmerzregion gewertet und ihre Verbindungslinien als Umrisse für die digitale Eingabe verwendet.
- Die Ausstrahlung der Pfeile war unklar und es war nicht ersichtlich, welche Struktur als Ausstrahlungsendpunkt gemeint war, beispielsweise ob Nacken oder Kopf.

- In einigen Fällen hatten die Ärzte den Zeichnungen handschriftliche Kommentare hinzugefügt. Da es sich hierbei um Wertungen handelte, wurden diese in einer Tabelle dokumentiert, aber für die Eingabe nicht beachtet. Nur in den Fällen, in denen der handschriftliche Kommentar eine Erklärung zur Schmerzlokalisierung war und als Hinweis für die Übertragung diente, wurde er zur Hilfe genommen. Ein Beispiel hierfür war der Kommentar "Beidseits Ausstrahlung in den kleinen Finger".
- Manche Ärzte hatten sich nicht an die vorgegebenen Außenlinien gehalten und über die Graphik hinaus gezeichnet. In diesen Fällen wurden die übertragenen Zeichnungen auf die Körpergrenzen reduziert. Falls es hierdurch zu einer sehr starken Verfälschung des Ursprungsbildes kam, wurden diese Fälle ebenfalls dokumentiert und im Verlauf von einem Zweitbeobachter beurteilt.

2.2.6 Statistische Analyse der Unterschiede zwischen Diagnosegruppen

In dieser Arbeit wurden nicht nur rein deskriptive Bilder erstellt, sondern Ziel war es auch, eine Aussage über die diskriminative Eigenschaft der Schmerzlokalisierung für verschiedene Erkrankungen zu machen. Um eine Aussage über eine mögliche Unterscheidung zwischen zwei Gruppen anhand ihrer Schmerzlokalisierung machen zu können, wurden statistischen Analysen in Form des Hausdorff-Abstandes und des C-Indexes durchgeführt. Hierbei handelt es sich um zwei weit verbreitete statistische Berechnungsverfahren, die ein angemessenes Messinstrument für solche Unterschiedsanalysen darstellen.^{52,54} Über diese Methoden konnten statistische Werte ermittelt werden, mit denen eine signifikante Aussage über die Unterschiede zwischen zwei Gruppen gemacht werden konnte.

2.2.6.1 Hausdorff-Abstand

Zunächst wurden die Unterschiede von individuellen Schmerzregionen der einzelnen Patienten innerhalb einer Diagnosegruppe über den Hausdorff-Abstand ermittelt. Hierbei handelt es sich um ein mathematisches Maß, welches den Abstand einer Menge oder eines Punktes innerhalb eines metrischen Raumes benennt. Dieser Abstand ist umso geringer, je besser sich die gegebenen Räume miteinander in Deckung bringen lassen. Dementsprechend ist der Hausdorff-Abstand ein geeignete

tes Instrument, um das Maß an Ähnlichkeit bzw. Unterschied zwischen Objekten oder Mengen, die sich übereinanderlegen lassen, zu bestimmen.⁵⁴

2.2.6.2 C-Index

Um den Unterschied hinsichtlich der Schmerzlokalisationen zwischen zwei Patientengruppen statistisch messen zu können, wurde ein Clusteranalyseverfahren in Form des C-Indexes gewählt.⁵² Hiermit konnte eine Aussage über die Verschiedenheit zweier Gruppen gemacht werden. Und zwar wurde ihre Separierbarkeit durch den Vergleich von paarweisen „Intergroup“- und „Intragroup“- Unterschieden bestimmt. „Intergroup“- Unterschiede bedeutet in diesem Zusammenhang ein Unterschied zwischen einem Paar von Patienten innerhalb einer Gruppe, wohingegen „Intragroup“- Unterschiede den Unterschied zwischen zwei Patienten aus zwei verschiedenen Diagnosegruppen meint. Der C-Index kann hierbei Messwerte zwischen 0 und 1 annehmen. Ein Wert von 0 bedeutet, dass die „Intergroup“- Unterschiede für zwei Patienten größer sind als die „Intragroup“- Unterschiede und sich somit diese beiden Gruppen gut voneinander unterscheiden lassen. Der Wert 1 signalisiert, dass zwei Gruppen nicht voneinander separierbar sind, da die „Intragroup“- Unterschiede größer als die „Intergroup“- Unterschiede sind. Ein Wert von 0,5 bedeutet, eine gleiche Anzahl an „Inter“- und „Intragroup“- Unterschieden. Die Gruppen wären in diesem Fall also weder voneinander separierbar noch wären sie gleich. Zusammenfassend bedeutet also ein C-Index von 0 einen perfekten/absoluten Unterschied zwischen zwei Gruppen, während ein Wert von 1 keinen Unterschied signalisiert.

2.2.6.3 p-Wert-Berechnung

Anhand eines Permutationstestes war es letztendlich möglich zu überprüfen, ob die berechneten Gruppenunterschiede statistisch signifikant waren. Durch diesen Test konnten p-Werte bestimmt werden, die den Aussagen der Clusteranalyse entsprachen und auch mit kleineren C-Indices korrespondierten, wenn Patienten zwischen zwei Gruppen stichprobenartig vertauscht wurden. Ein p-Wert kleiner als 0,05 sprach für einen statistisch signifikanten Unterschied in Bezug auf die Schmerzlokalisationen zweier Diagnosegruppen.

3 Ergebnisse

3.1 Ausgangsdaten

3.1.1 Ärzte und Patientenkollektiv

63,5 % der 74 teilnehmenden Hausarztpraxen stammten aus einem städtischen Umfeld und 67 % der Ärzte waren männlich. Das mittlere Alter betrug 49 Jahre.

Insgesamt stellten sich in der Rekrutierungsperiode 1355 Patienten mit Brustschmerz vor, wovon sieben nicht die Einschlusskriterien erfüllten und 99 nicht bereit waren, an der Studie teilzunehmen. Es konnten demzufolge 1249 valide Erhebungsbögen gesammelt werden.

Im Verlauf wurden drei Patienten, die im Follow-Up verloren gingen, sowie 34 Patienten, deren klinische Daten unvollständig waren, aus der Analyse ausgeschlossen, da für sie am Ende der Nachbeobachtungsperiode keine endgültige Referenzdiagnose gestellt werden konnte. Letztendlich analysierte das Referenzkomitee also die Daten von 1212 Patienten mit Brustschmerz.

Für diese Sekundäranalyse wurde ein weiterer Patient ausgeschlossen, da in seinem Dokumentationsbogen weder die Schmerzlokalisation noch die -ausstrahlung in der Thoraxgraphik dokumentiert worden war. Der Datensatz für diese spezifische Teilanalyse basierte deshalb insgesamt auf den Bildern von 1211 Patienten.

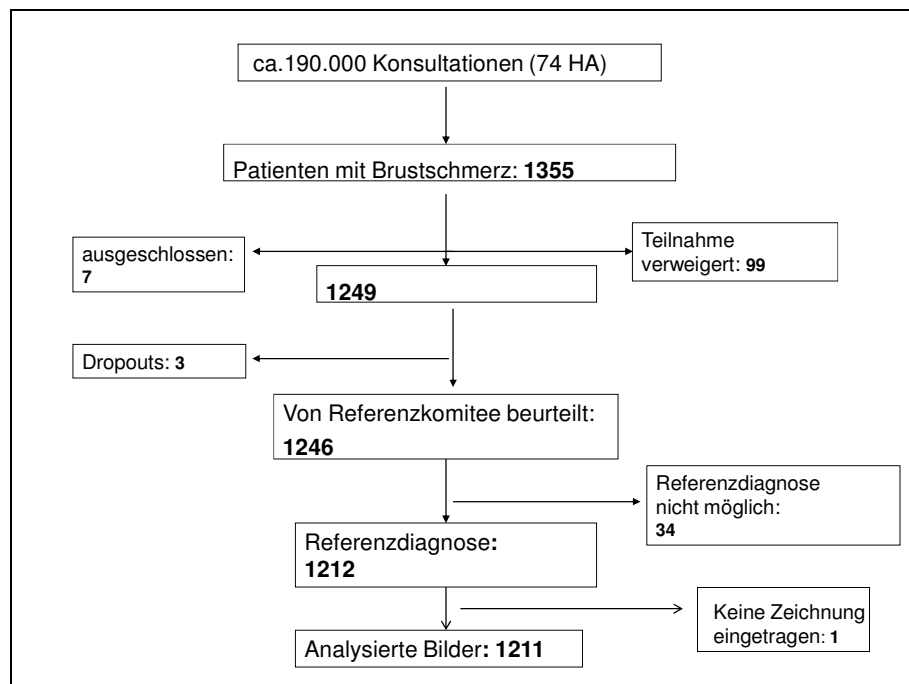


Abbildung 10: Flow Chart zur Patientenrekrutierung

3.1.2 Finale Referenzdiagnosen

In der Primärstudie wurde jedem Patienten eine von insgesamt 29 Differentialdiagnosen gestellt. Für diese Zweitauswertung wurden nur für die Gruppen mit einer Fallzahl größer als 20 Patienten Bilder produziert, da eine graphische Darstellung für kleinere Fallzahlen nicht mehr aussagekräftig war.

Innerhalb der 29 Differentialdiagnosen waren sowohl Patienten mit der Referenzdiagnose „Akutes Koronarsyndrom“ als auch mit den Diagnosen „instabile Angina pectoris“ und „Akuter Myokardinfarkt“. Sie wurden für diese Sekundäranalyse unter dem Überbegriff „Akutes Koronarsyndrom“ zusammengefasst (Diagnosenummern 2, 27, 28), was der aktuellen Leitlinie für das ACS der deutschen Gesellschaft für Kardiologie entspricht.⁴⁸ Letztendlich beinhaltete die Auswertung dementsprechend elf Differentialdiagnosen.

Diagnose	Häufigkeit (n = 1211)	%
Brustwandsyndrom	565	46,6
Stabile KHK	136	11,2
Psychogene Beschwerden	115	9,5
Respiratorische Infekte	98	8,1
Hypertonie	48	4,0
Akutes Koronarsyndrom	43	3,6
GERD	42	3,5
Trauma	39	3,2
Benigne Magenerkrankungen	26	2,1
Pleuropneumonie	25	2,1
COPD/Asthma	23	1,9
Andere	51	4,2

Tabelle 4: Endgültige Diagnosegruppen, die in die Zweitauswertung eingeschlossen wurden

3.1.3 Geschlechts- und Altersverteilung

Von allen 1211 Patienten waren **534** (44,1 %) männlich und **677** (55,9 %) weiblich. Unter den 179 Patienten, die entweder eine stabile KHK oder ein akutes Koronarsyndrom hatten (14,8 %), waren 92 Männer und 87 Frauen.

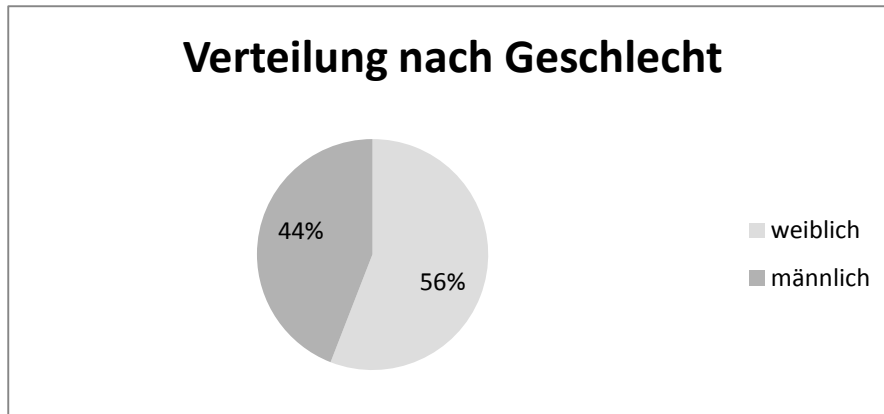


Abbildung 11: Verteilung der Patienten nach Geschlecht

Alle Patienten wurden in drei unterschiedliche Altersgruppen eingeteilt. Hierfür ergaben sich folgende Fallzahlen:

- Altersgruppe 1 (35 - 50 Jahre): n = **586** (48,4 %)
- Altersgruppe 2 (51 - 65 Jahre): n = **487** (40,2 %)
- Altersgruppe 3 (66 - 99 Jahre): n = **138** (11,4 %)

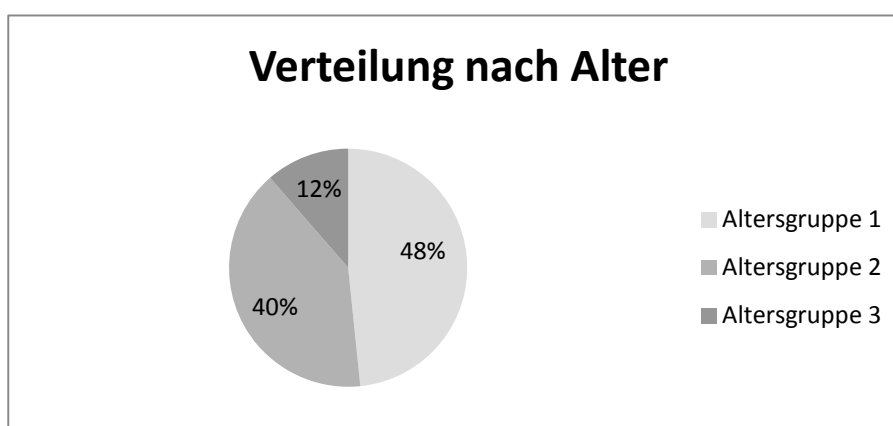


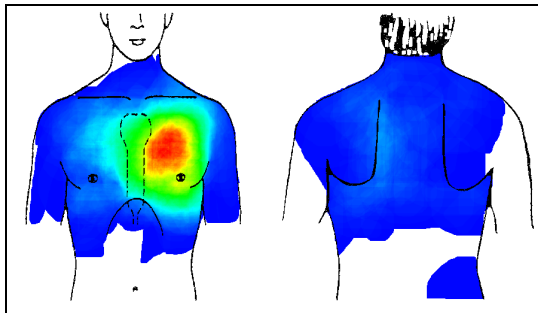
Abbildung 12: Verteilung der Patienten nach Alter

3.2 Einzelne Diagnosen

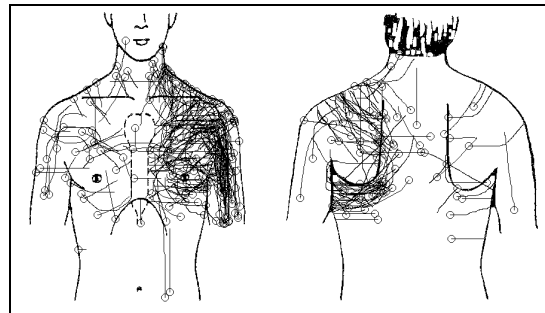
Nachfolgend sind für jede Referenzgruppe die Ergebnisse der Bildproduktion aufgeführt. Es werden immer sowohl ein aggregiertes Bild für die Schmerzlokalisierung, als auch ein Bild für die Schmerzausstrahlung dargestellt. Desweiteren sind die quantitativen Angaben über die Patientenanzahl innerhalb der Gruppe und die Rate der maximalen Überschneidung der Schmerzregionen unterhalb der zugehörigen Bilder aufgelistet. Ferner sind für alle Diagnosegruppen mit einer Fallzahl größer als 40 Patienten auch die stratifizierten Bilder nach Geschlecht zu sehen. Für die drei größten Gruppen der Patientenpopulation, die eine Fallzahl größer als 100 Patienten aufweisen, werden zusätzlich die Bilder präsentiert, die nach Alter stratifiziert wurden

3.2.1 Brustwandsyndrom (BWS)

Alle Fälle:

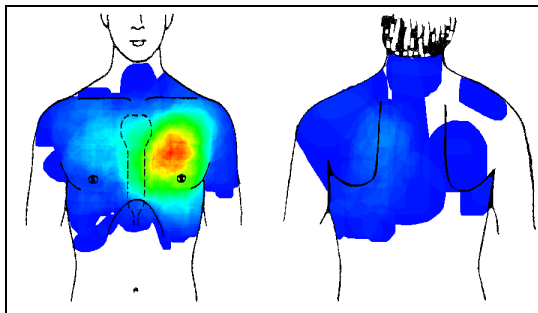


n = 565, Max. Überschneidung: n = 192

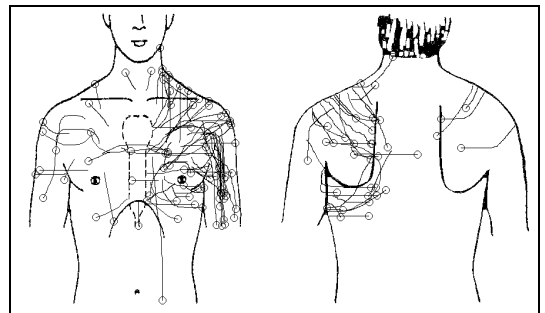


n = 183

Männer:

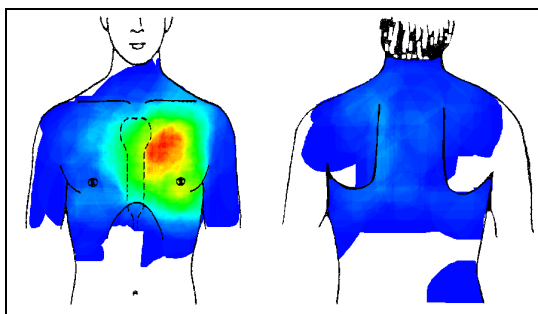


n = 235, Max. Überschneidung: n = 92

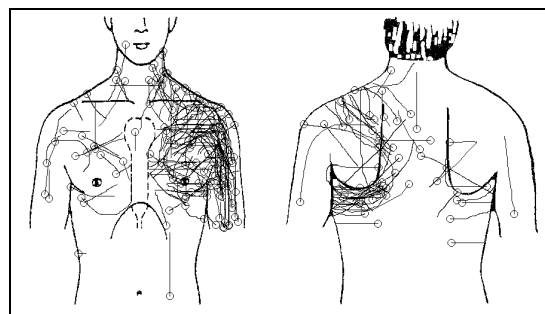


n = 72

Frauen:



n = 330, Max. Überschneidung: n = 115



n = 111

Lokalisation:

Innerhalb der Gesamtpopulation wurde bei 565 Patienten das Brustwandsyndrom diagnostiziert. In dieser Referenzgruppe verteilen sich die Schmerzen hauptsächlich auf der vorderen linken Brustwand. Die maximale Überschneidungsrate basiert auf den Schmerzregionen von 192 Patienten (34 %) und liegt in dem Bereich links parasternal zwischen Sternum und der Medioclavicularlinie. Nach kranial und kaudal ist dieser Bereich jeweils von einer horizontalen Linie durch das obere Sternumdrittel und die Mamillen begrenzt.

Ausstrahlung:

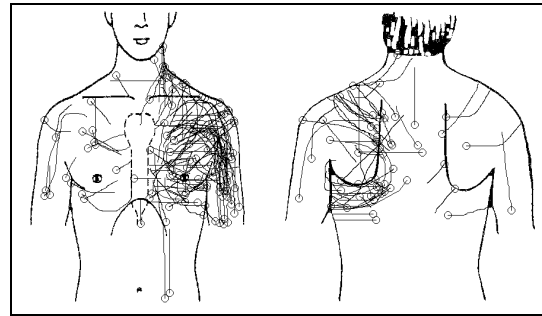
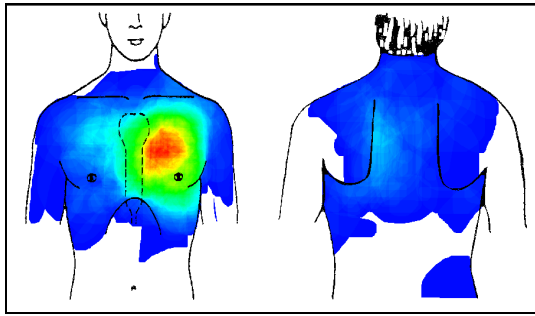
183 Patienten (32,4 %) gaben an, dass ihre Schmerzen in andere Regionen ausstrahlten. Häufungen der Schmerzpeile sind vor allem in der linken Thoraxhälfte zu sehen und konzentrieren sich entlang des gesamten linken Armes, am linken Hals und in der linken Brust. Auch sind zirkuläre Ausstrahlungen entlang der unteren Rippen, sowie über die linke Scapula zu erkennen.

Geschlechtervergleich:

253 Männer (41,6 %) und 330 Frauen (58,4 %) waren am Brustwandsyndrom erkrankt. Die Schmerzdistribution ist zwischen Männern und Frauen kaum voneinander zu unterscheiden. Bei den Frauen ist der Bereich der maximalen Überschneidungen etwas schmaler als bei den Männern und liegt enger an der Sternallinie. Die zugrunde liegende Patientenzahl für diesen Bereich liegt bei 115 Frauen (34,8 %). Bei den männlichen Patienten liegt die häufigste Überschneidungsrate bei insgesamt 92 Personen (39,1 %) und die Zone breitet sich etwas tiefer zur linken Mamille aus.

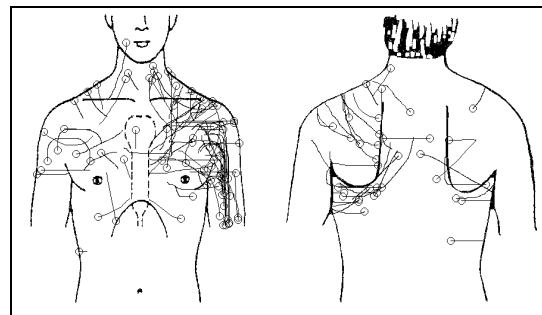
30,6 % der Männer und 33,6 % der Frauen gaben eine Ausstrahlung der Schmerzen an. Schmerzen projizieren bei den Männern und Frauen vorwiegend in den linken Arm und die linke Schulter, während bei den Frauen aber zusätzlich eine Bündelung von Schmerzstrahlen zirkulär unter die linke Scapula zu erkennen ist.

Altersgruppe 1 (35 - 50 Jahre):



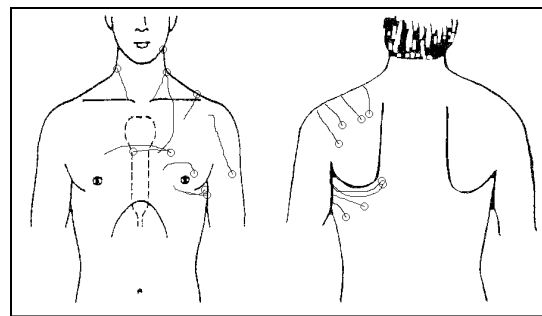
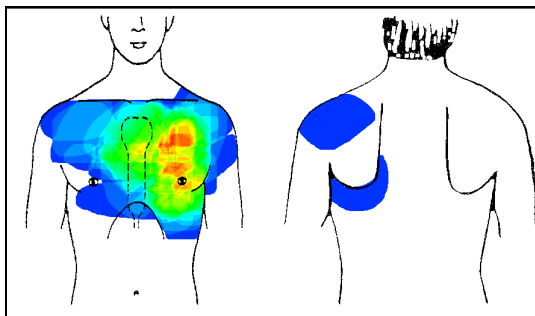
n = 304, Maximale Überschneidung: n = 108 **n = 98**

Altersgruppe 2 (51 - 65 Jahre):



n = 213, Maximale Überschneidung: n = 75 **n = 72**

Altersgruppe 3 (66 - 99 Jahre):



n = 48, Maximale Überschneidung: n = 20 **n = 13**

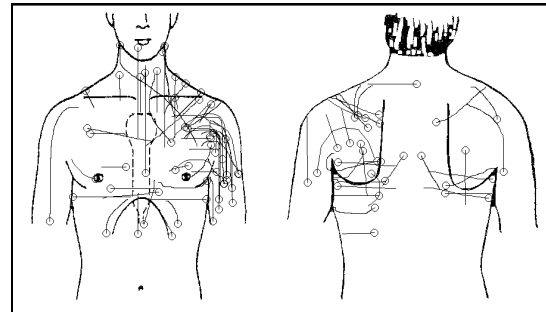
Altersvergleich:

Die meisten Patienten mit der Diagnose Brustwandsyndrom gehörten zu der Altersgruppe 1 (53,8 %). Sie waren zum Zeitpunkt der Erstkonsultation also zwischen 35 und 55 Jahre alt. Hinsichtlich der Schmerzlokalisation lassen sich keine unterschiedlichen Verteilungen zwischen den Altersgruppen erkennen. Die Bereiche der maximalen Überschneidung werden in der Altersgruppe 1 von 108 Patienten (35,5 %) und in Altersgruppe 2 von 75 Patienten (35,2 %) gebildet. Beide Bereiche liegen dicht am Sternum an und ziehen bis zur Medioclavicularlinie. Aufgrund der geringeren Patientenanzahl in Altersgruppe 3 ist die Anzahl der maximalen Überschneidungen geringer. Es zeigt sich hier ein inhomogeneres Bild mit mehreren Überschneidungsgipfeln links parasternal.

Hinsichtlich der Schmerzausstrahlung ist zu erkennen, dass sowohl in Altersgruppe 1 als auch in Altersgruppe 2 eine Bündelung in den linken Arm und unter die linke Scapula vorliegt. Die wenigen Schmerzstrahlen, die in der Gruppe 3 angegeben wurden, verteilen sich über den linken Thorax zur Schulter, zum Hals und teilweise auch über den Rücken.

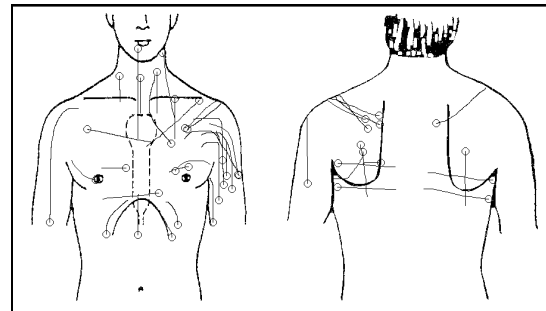
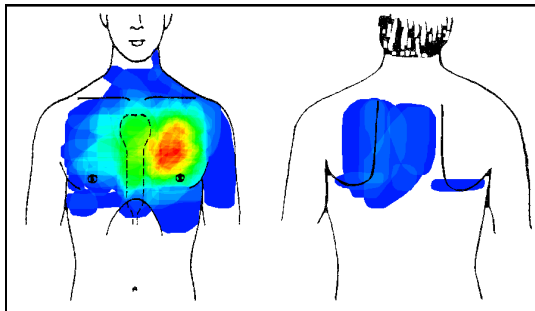
3.2.2 Stabile KHK

Alle Fälle:



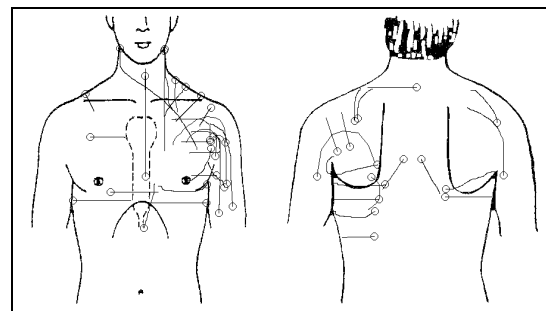
n = 136, Maximale Überschneidung: n = 63 **n = 54**

Männer:



n = 68, Maximale Überschneidung: n = 33 **n = 19**

Frauen:



n = 68, Maximale Überschneidung: n = 31 **n = 25**

Lokalisation

136 von den 1211 Patienten dieser Studie hatten eine stabile KHK. Von diesen sind es die Schmerzregionen von 63 Patienten (46,3 %), welche die häufigsten Überlagerungen bilden. In der Summe verteilen sich die Schmerzareale primär links präkordial, sowie retrosternal. Die häufigsten Überlagerungen liegen zwischen linkem Sternalrand und der Medioclavicularlinie. Den unteren Rand dieses Bereichs bildet die linke Mamille auf Höhe der 5. Rippe und die obere Grenze des ersten Intercostalraums (ICR) links.

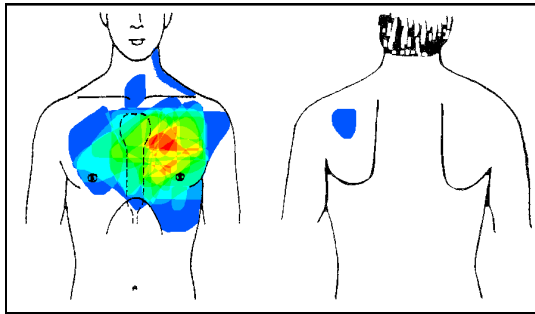
Ausstrahlung

39,7 % (n = 54) der KHK-Patienten berichteten über eine Ausstrahlung ihrer Schmerzen in andere Körperregionen. Es ist zu sehen, dass die Schmerzen besonders in die linksthorakale Region und auch in den Rücken ziehen. Sie strahlen kranzförmig sowohl in den Hals, als auch in die linke Schulter und den linken Arm. Desweiteren ziehen kleine Schmerzbündel in den Bereich des linken Schulterblattes.

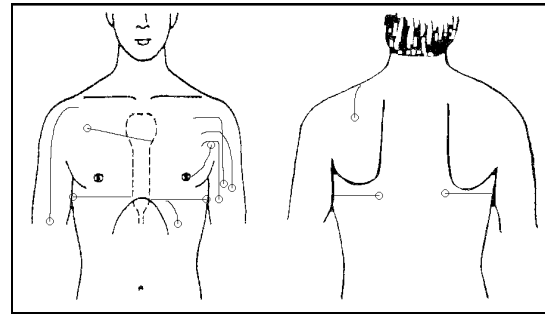
Geschlechtervergleich

Die Geschlechtsverteilung innerhalb der Referenzgruppe mit stabiler KHK lag jeweils bei 50 %. Ein ins Auge stechender Unterschied in der Schmerzdistribution ist nicht zu sehen. Bei den Männern liegt der Bereich der häufigsten Schmerzüberschneidung etwas weiter lateral vom Sternum und ragt über die Medioclavicularlinie hinaus. Dieses Areal wurde von 33 Patienten (48,5 %) angegeben. Bei den Frauen ist der Bereich der maximalen Überschneidung mehr medial am Sternum lokalisiert und basiert auf den Schmerzregionen von 31 Patientinnen (45,5 %). 27,9 % (n = 19) der Männer und 36,7 % (n = 25) der Frauen erlebten eine Schmerzausstrahlung. Sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen dominiert die Schmerzausstrahlung in den linken Arm und zum linken Hals.

Altersgruppe 1 (35 - 50 Jahre)

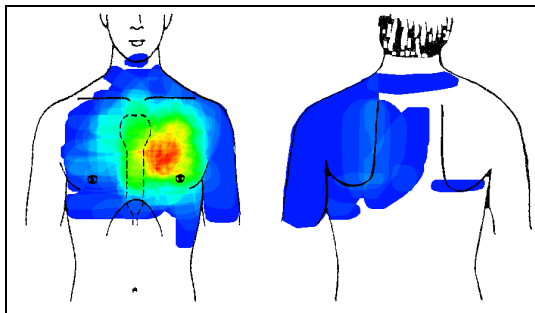


n = 23, Maximale Überschneidung: n = 12

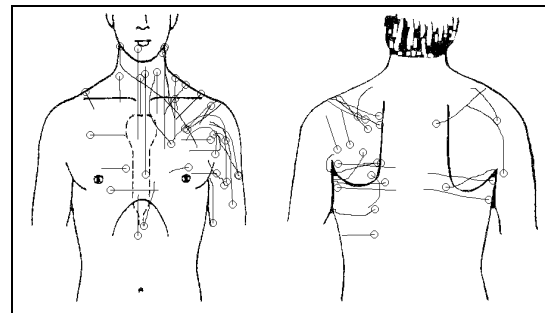


n = 7

Altersgruppe 2 (51 - 65 Jahre)

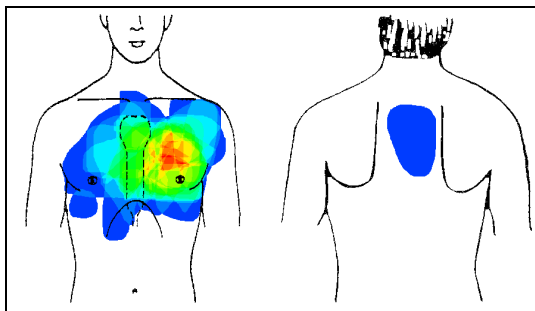


n = 79, Maximale Überschneidung: n = 37

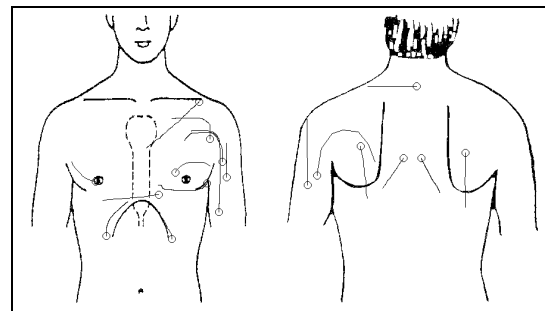


n = 34

Altersgruppe 3 (66 - 99 Jahre):



n = 34, Maximale Überschneidung: n = 1



n = 13

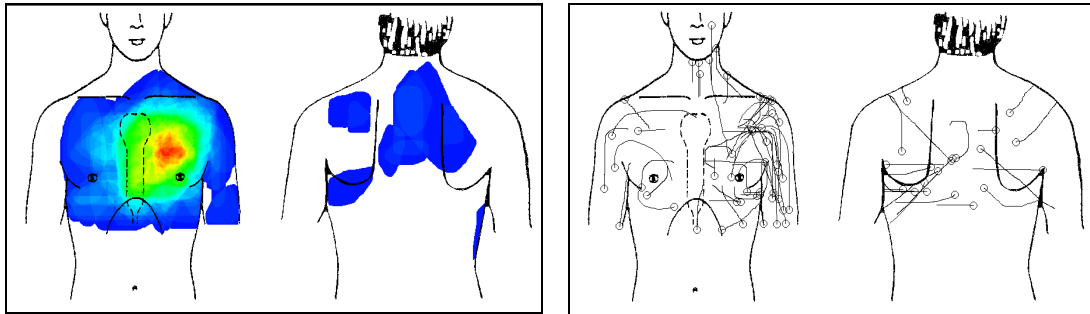
Altersvergleich

Die meisten Patienten (58,1 %) innerhalb der Referenzgruppe mit stabiler KHK gehörten der Altersgruppe 2 an und waren somit zwischen 51 und 65 Jahre alt. In dieser Gruppe ergibt sich daher insgesamt das homogenste Überschneidungsbild. In allen drei Altersgruppen konzentriert sich die Schmerzlokalisierung gleichermaßen auf den linken Thorax. In der zweiten Altersgruppe ist der Bereich der maximalen Überschneidung im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen etwas weiter nach unten verschoben und wird von 37 Patienten dieser Gruppe gebildet (46,8 %).

Die Schmerzen strahlen in allen Gruppen vor allem in die linke Thoraxhälfte und in den linken Arm aus. In Altersgruppe 2, in der insgesamt 43 % der Patienten (n = 34) über eine Ausstrahlung der Schmerzen klagten, zieht ein Teil der Schmerzen zusätzlich vermehrt in den Hals und in die linke Schulter.

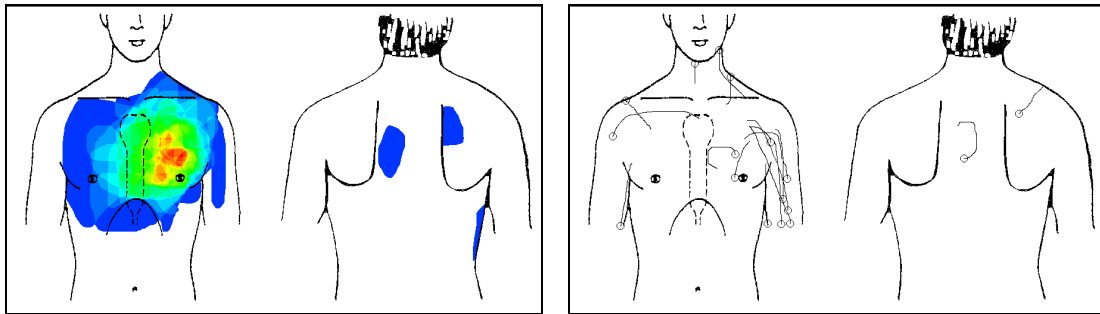
3.2.3 Psychogene Beschwerden

Alle Fälle:



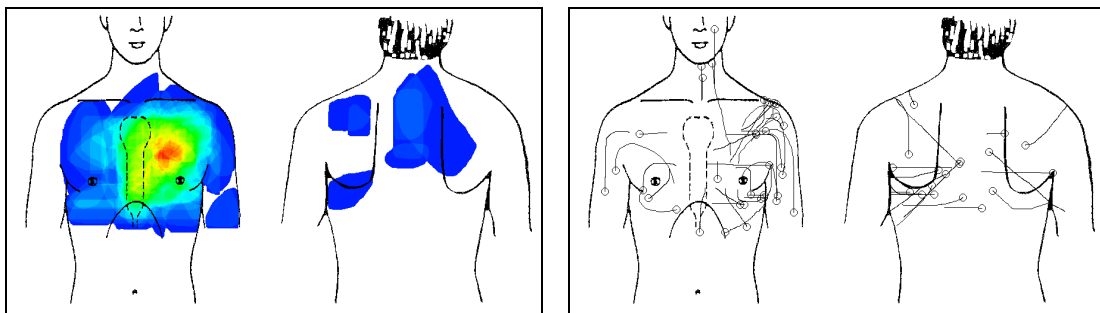
n = 115, Maximale Überschneidung: n = 51 **n = 37**

Männer:



n = 39, Maximale Überschneidung: n = 19 **n = 9**

Frauen:



n = 76, Maximale Überschneidung: n = 34 **n = 28**

Lokalisation

Die Brustschmerzen von 115 Patienten waren durch psychogene Beschwerden bedingt. Insgesamt sind die Schmerzregionen am häufigsten im Bereich der vorderen linken Thoraxhälfte lokalisiert. Zu einer maximalen Überlagerung kommt es bei 44,3 % (n = 51) der Patienten dieser Referenzgruppe. Dieser Bereich liegt links parasternal und ist auf einer Höhe zwischen dem ersten Sternumdrittel und den Mamillen positioniert.

Ausstrahlung

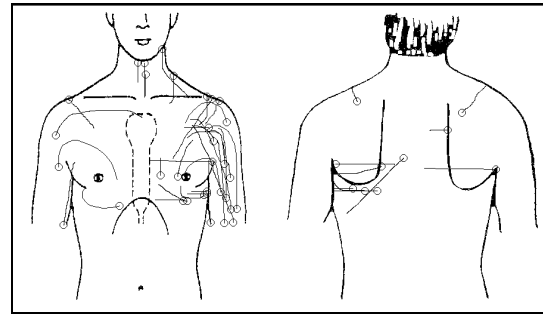
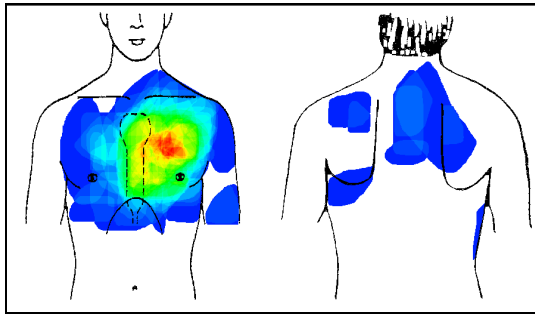
37 von 115 Patienten (32,2 %) gaben eine Ausstrahlung ihrer Schmerzen an. Die Schmerzausstrahlung konzentriert sich vor allem auf den linken Arm, ausgehend vom oberen linken Schulterbereich. Vereinzelt ziehen die Schmerzen auch in den oberen Hals, in die rechtsanteriore Brust sowie in den Rücken.

Geschlechtervergleich

33,9 % (n = 39) der Patienten mit psychogenen Beschwerden waren männlich und 66,1 % (n = 76) weiblich. Die Männer bilden mehrere Überschneidungsmaxima, die etwas zerklüftet überhalb und rechts neben der linken Mamille liegen. Die Rate der häufigsten Überschneidung liegt bei 48,7 % (n = 19). Bei den Frauen bildet sich nur ein Überlagerungszentrum inmitten der linken Thoraxhälfte, welches etwas weiter kranial auf Höhe des zweiten Sternumdrittels lokalisiert ist. Die maximale Überschneidung basiert auf den Schmerzangaben von 34 Frauen (44,7 %).

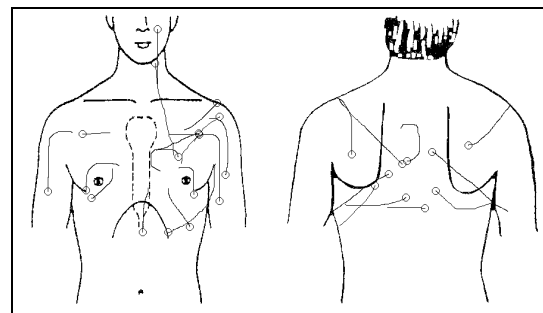
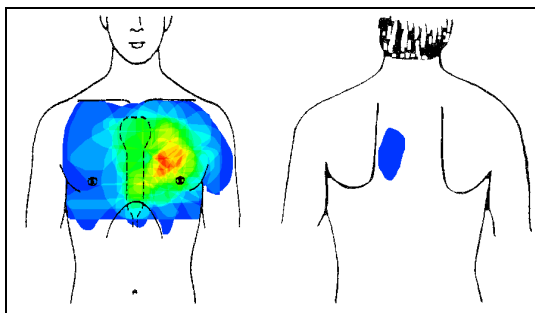
23,1 % der Männer und 36,8 % der Frauen klagten über eine Schmerzausstrahlung. In beiden Geschlechtsgruppen ist der linke Arm betroffen und bei den Frauen projizieren die Schmerzen zusätzlich vermehrt zur linken Schulter.

Altersgruppe 1 (35 - 50 Jahre):



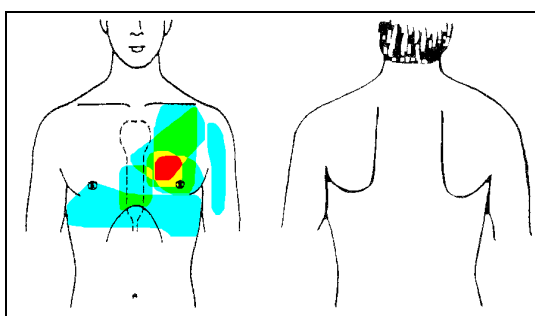
n = 70, Maximale Überschneidung: n = 30 n = 22

Altersgruppe 2 (51 - 65 Jahre):



n = 40, Maximale Überschneidung: n = 18 n = 15

Altersgruppe 3 (66 - 99 Jahre):



**Keine Schmerzausstrahlung
angegeben.**

n = 5, Maximale Überschneidung: n = 4

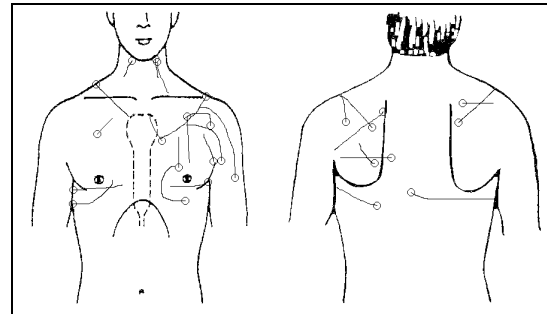
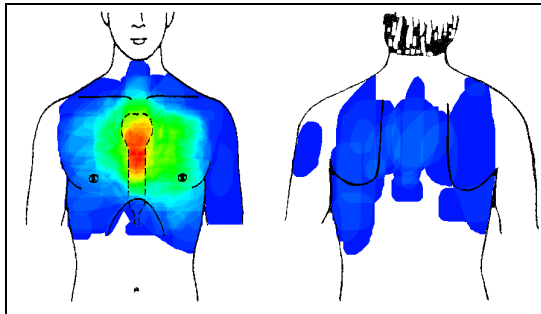
Altersvergleich:

Die meisten Brustschmerzpatienten mit psychogenen Beschwerden waren zwischen 35 und 50 Jahre alt und wurden demnach der Altersgruppe 1 zugeordnet (60,8 %). In allen drei Altersgruppen liegen die Überschneidungsmaxima deutlich links parasternal. In Altersgruppe 1 befindet sich dieses Maximum zwischen erstem und zweitem Sternumdrittel. In Altersgruppe 2 und 3 ist es etwas weiter unten auf Höhe der Sternummitte lokalisiert.

In Altersgruppe 1, in der 22 von 70 Patienten (31,4 %) eine Ausstrahlung der Schmerzen bemerkte, projizieren die Schmerzen am häufigsten in den linken Oberarm, beginnend von der vorderen linken Schulterregion. In Altersgruppe 2 hingegen, in der bei 37,5 % der Patienten die Schmerzen ausstrahlten, ist keine Bündelung festzustellen. Die Schmerzen ziehen ubiquitär über den gesamten vorderen Thorax sowie in den Rücken.

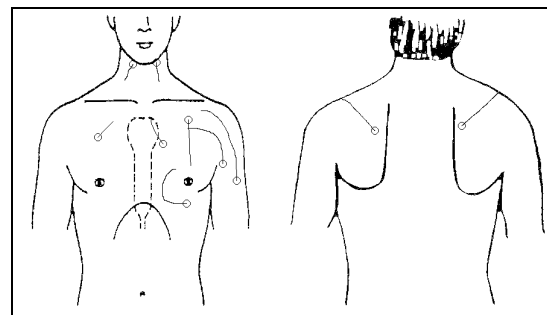
3.2.4 Respiratorische Infekte

Alle Fälle:



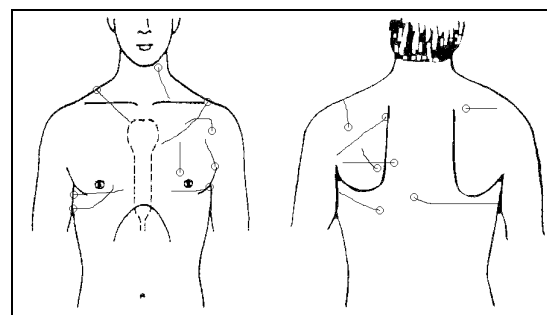
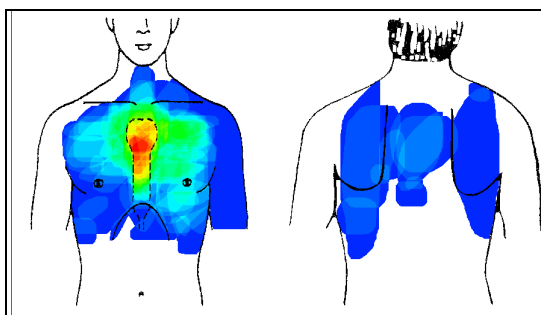
n = 98, Maximale Überschneidung: n = 46 n = 16

Männer:



n = 48, Maximale Überschneidung: n = 24 n = 6

Frauen:



n = 50, Maximale Überschneidung: n = 25 n = 10

Lokalisation

Bei 98 Patienten war ein respiratorischer Infekt der Grund für ihre Brustschmerzen. Betrachtet man die Lokalisation der Schmerzen auf der Brustwand, so erkennt man eine Verteilung, die sich über dem zentralen Thorax häuft und ein deutliches Punctum Maximum über dem mittleren Sternum bildet. Dieser Bereich wird seitlich scharf von den beiden Sternalrändern begrenzt und reicht vom oberen Sternum bis auf die Höhe der Mamillen. Insgesamt gaben 46 von 98 Patienten (46,9 %) in diesem Bereich Schmerzen an und bilden somit das Maximum an Überschneidungen.

Ausstrahlung

Nur bei 16,3 % (n = 16) der Patienten mit respiratorischem Infekt kam es zu einer Ausstrahlung der Schmerzen. Die Schmerzpfleile ziehen sowohl in den vorderen linken Thoraxbereich zur Schulter und Brust als auch in den Hals und den linken Rücken auf Höhe der Schulterblätter.

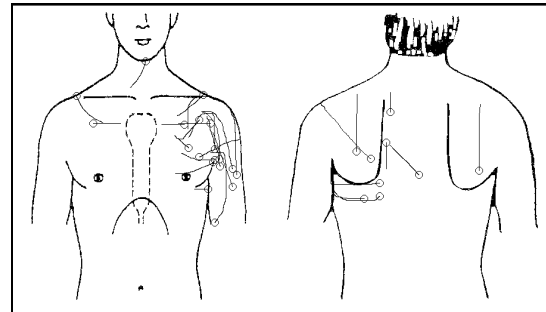
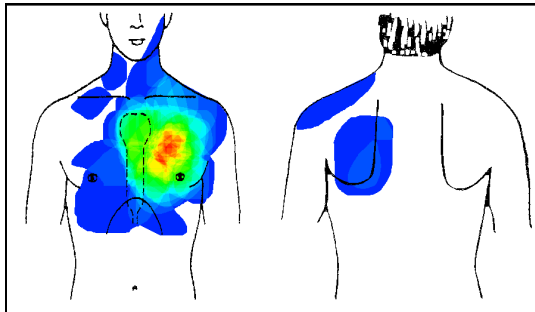
Geschlechtervergleich

Insgesamt gesehen zeigt sich bei beiden Geschlechtsgruppen eine Konzentration der Schmerzen auf den zentralen Thorax, besonders direkt über dem Sternum. Bei den Männern liegt die Zone der maximalen Überschneidung weiter kaudal auf einer Höhe etwas oberhalb der Mamillen, während sie bei den Frauen weiter nach oben verlagert ist und direkt über dem Angulum Sterni positioniert liegt. Die maximale Überlagerung bildet sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen jeweils die Hälfte aller Patienten aus dieser Gruppe (50 %).

Unter den Patienten, deren Schmerzen ausstrahlten, waren sechs Männer und zehn Frauen. In beiden Gruppen zogen die Schmerzen gleichermaßen in den vorderen linken Thoraxbereich und teilweise in den linken Rücken.

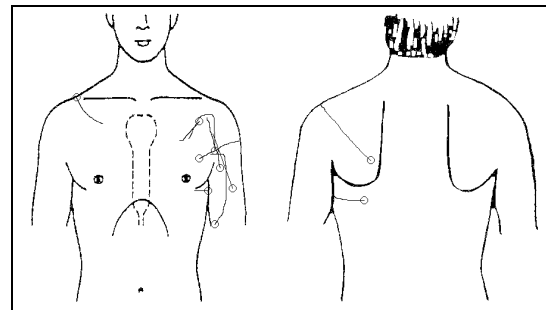
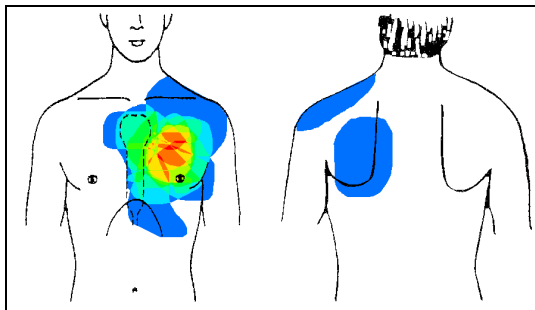
3.2.5 Hypertonie

Alle Fälle:



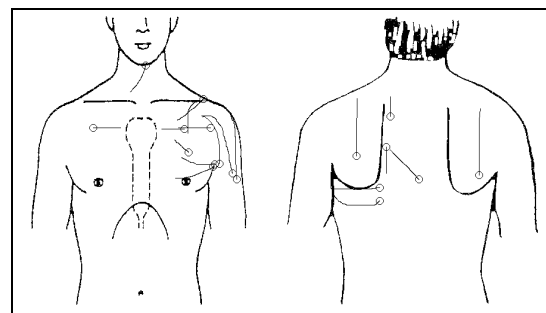
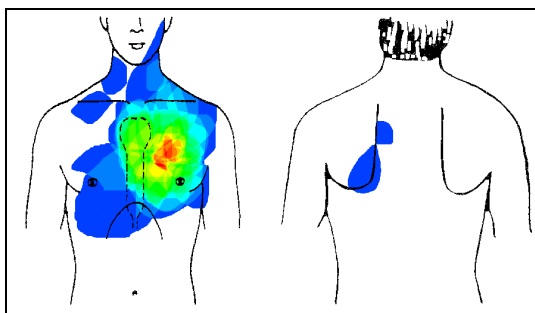
n = 48, Maximale Überschneidung: n = 25 n = 18

Männer:



n = 17, Maximale Überschneidung: n = 9 n = 8

Frauen:



n = 31, Maximale Überschneidung: n = 16 n = 10

Lokalisation

Bei 48 Patienten wurde eine arterielle Hypertonie als zugrunde liegende Ätiologie für ihren Brustschmerz diagnostiziert. Die Schmerzen akkumulieren in dieser Gruppe hauptsächlich links parasternal, zwischen der linken Sternumkante und der Medioclavicularlinie. Die kaudale Begrenzung der Zone mit den häufigsten Überlagerungen stellen die Mamillen dar. Die Schmerzlokalisationen von 52,1 % der Patienten (n = 25) führten zu einem Überlagerungsmaximum in diesem Areal. Insgesamt sind die Schmerzen etwas inhomogen in diesem Areal verteilt, was zu einem zerklüftet wirkenden Bild führt.

Ausstrahlung

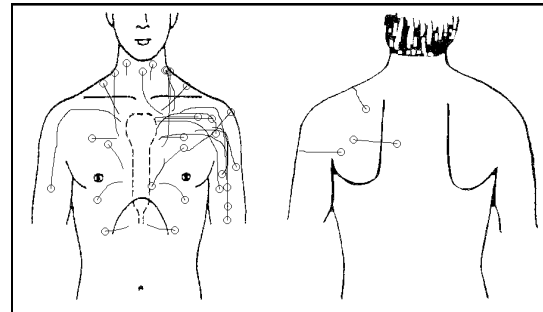
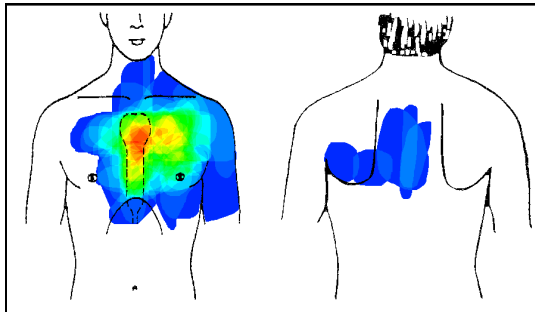
18 Personen (37,5 %) aus der Gruppe der Hypertoniepatienten berichteten über eine Ausstrahlung ihrer Schmerzen in andere Körperareale. Es ist zu sehen, dass sich die Ausstrahlungspfeile hauptsächlich entlang des linken Oberarmes bündeln. Vereinzelt strahlen Schmerzen aber auch zirkulär entlang der linken Axilla und über die linke Schulter in den Rücken aus.

Geschlechtervergleich

64 % der Patienten mit Hypertonie waren weiblich und damit bildeten die Frauen den etwas größeren Anteil dieser Gruppe. Die Verteilung der Schmerzregionen auf der Thoraxoberfläche ist für beide Geschlechtsgruppen sehr ähnlich. Die häufigsten Überlagerungen liegen sowohl für Männer als auch für Frauen in der linken parasternalen Region. In beiden Gruppen sind die Schmerzen von etwa der Hälfte der Patienten in diesem Bereich zu finden. Auch die Schmerzausstrahlung ist für beide Gruppen sehr ähnlich. Sie konzentriert sich bei den Männern etwas mehr auf den linken Oberarm und bei den Frauen stärker auf die linke Schulter.

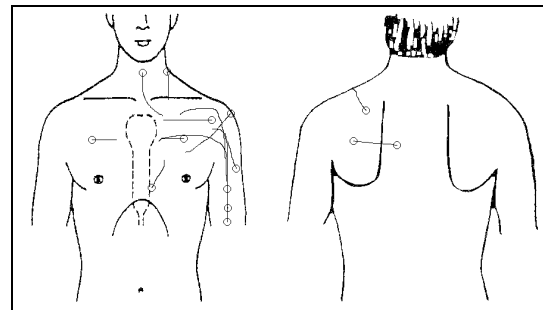
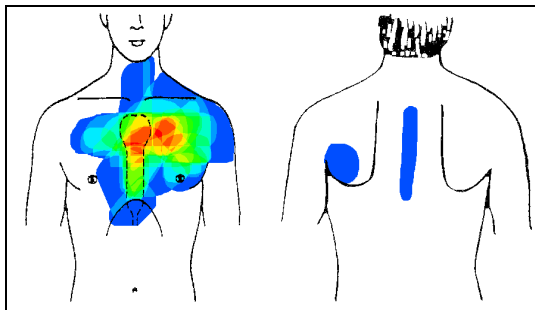
3.2.6 Akutes Koronarsyndrom (ACS)

Alle Fälle:



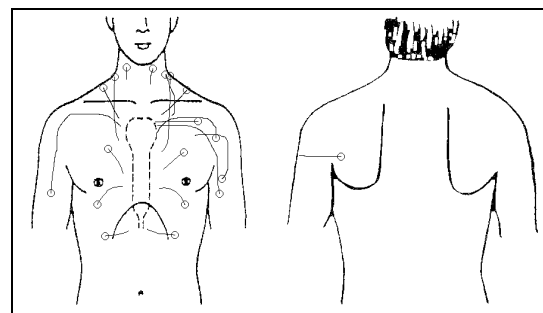
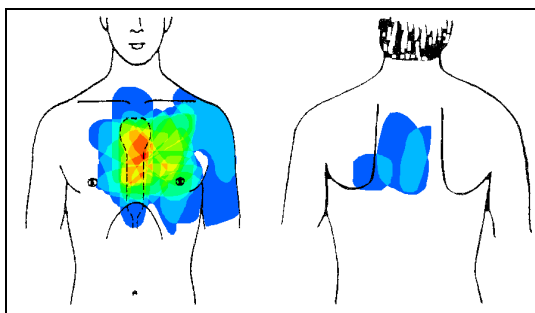
n = 43, Maximale Überschneidung: n = 24 n = 15

Männer:



n = 24, Maximale Überschneidung: n = 13 n = 8

Frauen:



n = 19, Maximale Überschneidung: n = 11 n = 7

Lokalisation

3,6 % der Patienten (n = 43) mit Brustschmerz hatten ein ACS. Die Schmerzlokalisationen konzentrieren sich vor allem auf die linksanteriore Thoraxwand und überlagern sich hauptsächlich retrosternal, hinter dem oberen Sternumdrittel. Eine weitere Häufung von Schmerzregionen ist desweiteren etwas weiter links parasternal auf derselben Höhe zu sehen. An diesen Stellen überlagern sich die Schmerzregionen von 55,8 % (n = 24) der Patienten aus dieser Gruppe.

Ausstrahlung

15 Patienten (34,8 %) mit akutem Koronarsyndrom verspürten eine Projektion ihrer Schmerzen in andere Bereiche des Körpers. Es ist zu sehen, dass die Schmerzen ubiquitär über den gesamten Thorax ausstrahlen, mit einer leichten Bündelung von Schmerzpfelen im linken Arm. Wenige Projektionspfeile zeigen sich auch im Rücken.

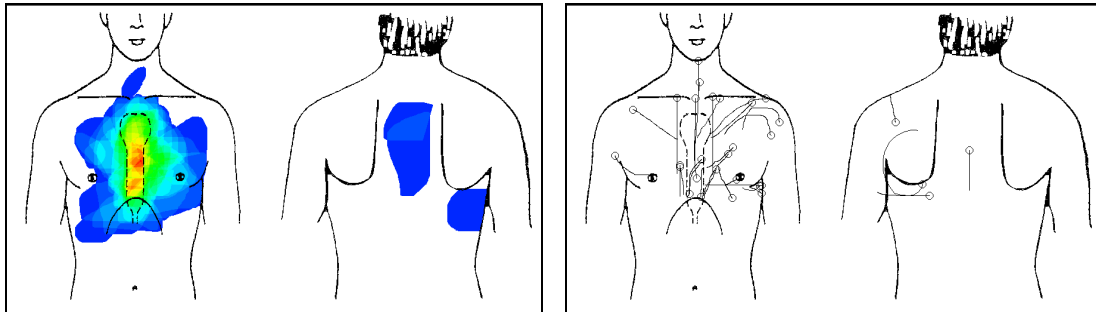
Geschlechtervergleich

Der Anteil von Männern in der Gruppe der Patienten mit ACS war etwas größer (55,8 %). Im Vergleich der Schmerzlokalisationen zwischen Männern und Frauen zeigt sich bei den Frauen eine Akkumulation der Schmerzregionen hauptsächlich direkt hinter dem Sternum, zwischen dem Manubrium Sterni und den Mamillen. Bei den Männern hingegen sind zwei Überschneidungsmaxima zu sehen, sowohl direkt hinter dem oberen Sternumdrittel als auch links parasternal, zwischen der linken Sternumkante und der Medioclavicularlinie. Die Schmerzregionen von 54 % der Männer und 57 % der Frauen bilden die Bereiche der maximalen Überschneidung.

Hinsichtlich der Schmerzausstrahlung ist festzustellen, dass Frauen im Verhältnis etwas häufiger über eine Projektion von Schmerzen berichteten, nämlich in 37 % (n = 7) der Fälle. Bei den Männern waren es 33 % (n = 8). Es scheint, dass die Schmerzen der Frauen insgesamt etwas ubiquitärer über den Thorax ausstrahlen, während bei den Männern vor allem der linke Arm betroffen ist.

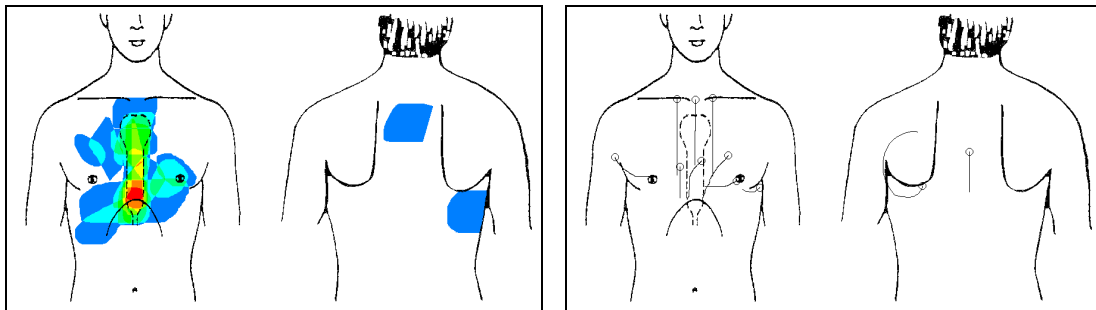
3.2.7 Gastroösophageale Refluxkrankheit (GERD)

Alle Fälle:



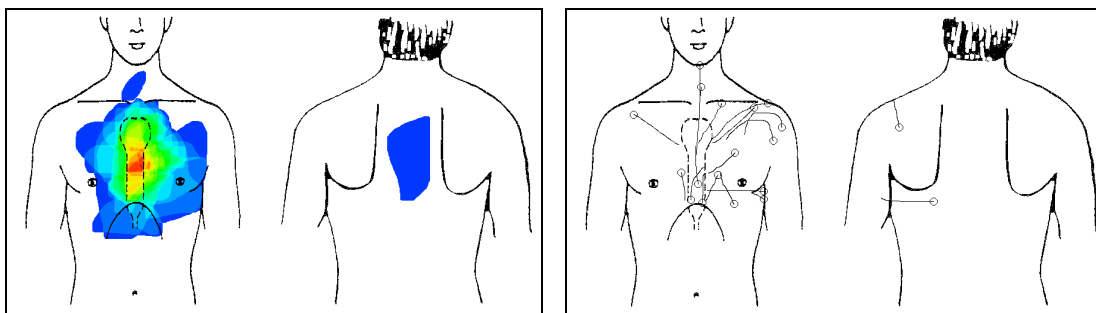
n = 42, Maximale Überschneidung: n = 25 n = 20

Männer:



n = 17, Maximale Überschneidung: n = 8 n = 8

Frauen:



n = 25, Maximale Überschneidung: n = 18 n = 12

Lokalisation

Die gastroösophageale Refluxkrankheit war in 3,5 % der Fälle ($n = 42$) die Ursache für den Brustschmerz der Patienten. Es zeigt sich, dass die Schmerzen hauptsächlich über dem mittigen Thorax lokalisiert sind und sich vor allem auf das Sternum konzentrieren. Dort bildet sich ein mehrgipfliges Überschneidungsmaximum, vor allem über der Sternummitte und weiter unten, etwas unterhalb der Mamillen. Den Bereichen der maximalen Überschneidung liegen die Schmerzangaben von 59,5 % ($n = 25$) der Patienten zugrunde.

Ausstrahlung

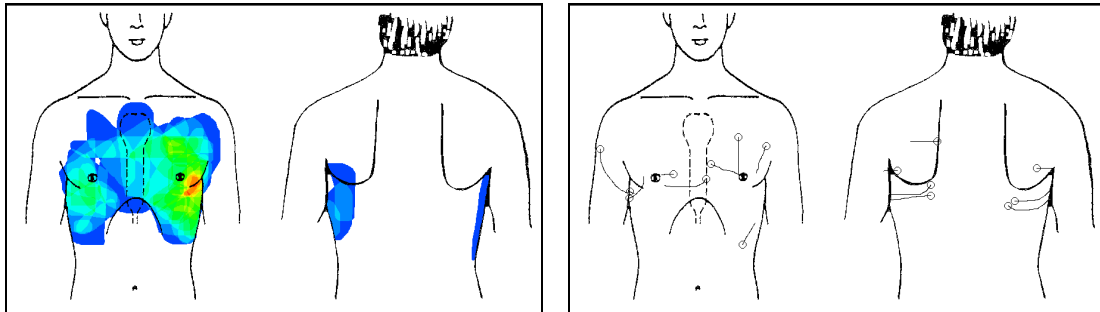
Etwa die Hälfte der Patienten mit GERD verspürte zusätzlich eine Ausstrahlung ihrer Schmerzen (47,6 %). Vorwiegend zeigt sich eine Projektion der Schmerzen vom unteren Sternumdrittel ausgehend in den zentralen vorderen Thorax sowie in den linken vorderen Brustbereich.

Geschlechtervergleich

Mehr Frauen als Männer litten an Brustschmerzen aufgrund von gastroösophagealem Reflux (59,5 %). Die Überschneidungszentren sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen liegen jeweils direkt hinter dem Sternum. Bei den Männern jedoch liegt der Bereich der maximalen Überschneidung weiter kaudal, auf Höhe des unteren Rippenbogens, während die Frauen am häufigsten Schmerzen über dem zweiten Sternumdrittel, etwas oberhalb von den Mamillen angaben. Hinsichtlich der Schmerzausstrahlung ist zu beobachten, dass die Männer vor allem eine Schmerzausstrahlung nach kranial bis zu den Schlüsselbeinen angaben, während die Frauen besonders über eine Projektion in die linke Schulter und in den epigastrischen Bereich berichteten.

3.2.8 Thoraxtrauma

Alle Fälle:



n = 39, Maximale Überschneidung: n = 15 n = 9

Lokalisation

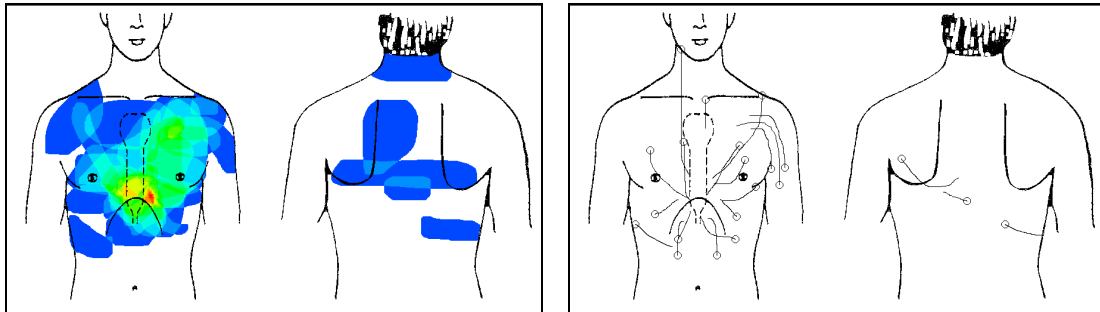
39 Patienten hatten eine traumatische Ursache für ihren Brustschmerz. Es ist zu sehen, dass die Schmerzregionen sich über den gesamten Brustkorb verteilen, wobei es vor allem zu einer Schmerzüberlagerung an den seitlichen Thoraxwänden kommt. Am häufigsten gaben die Patienten eine Schmerzlokalisierung links thorakal im Bereich der linken Axillarregion, zwischen der linken Mamille und der vorderen Axillarlinie, an (38,5 %).

Ausstrahlung

23,1 % der Patienten mit Thoraxtrauma verspürten auch eine Schmerzausstrahlung. Eine Häufung von Ausstrahlungspfeilen ist nicht auszumachen. Die Schmerzen ziehen u.a. in die linke vordere Brust, den rechten Oberarm und zirkulär in den Rücken.

3.2.9 Benigne Magenerkrankungen

Alle Fälle:



n = 26, Maximale Überschneidung: n = 14 n = 8

Lokalisation

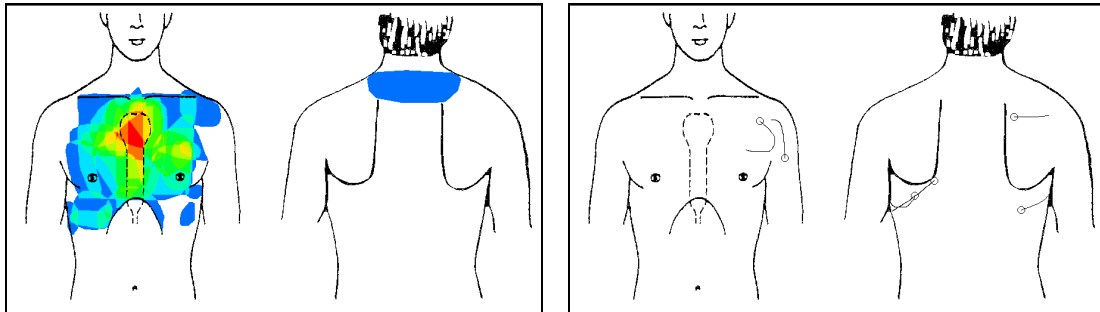
Bei 26 Personen waren die sonstigen benignen Magenerkrankungen die zugrunde liegende Ätiologie ihrer Brustschmerzen. Insgesamt verteilen sich die Schmerzlokalisationen über den gesamten Thorax, wobei es zu einer Häufung über dem zentralen Thorax auf Höhe des unteren Sternumdrittels kommt. Hier konzentrieren sich die Schmerzen vor allem links parasternal am unteren Rippenbogen und auch direkt hinter dem unteren Sternumdritteln. Die maximale Überlagerungsrate wird insgesamt von 14 Patienten dieser Gruppe gebildet (53,8 %).

Ausstrahlung

Zu einer Schmerzausstrahlung kam es bei acht Patienten (30,7 %). Es ist zu erkennen, dass die Schmerzen vom unteren Sternumdritteln ausgehend, kranzförmig in alle Richtungen auf den Thorax ziehen und teilweise bis zum Hals und auch in den Rücken ausstrahlen.

3.2.10 Pleuro-Pneumonie

Alle Fälle:



n = 25, Maximale Überschneidung: n = 9 n = 4

Lokalisation

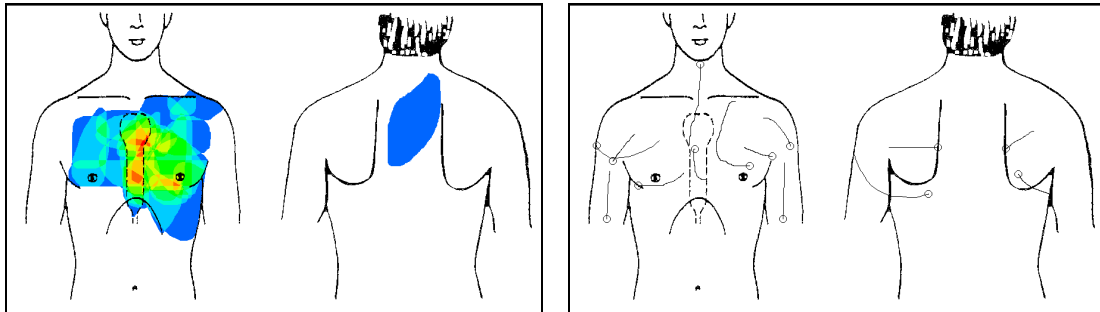
2,1 % der Patienten (n = 25) hatten eine Pleuropneumonie. In dieser Patientengruppe sind die Schmerzen vor allem zentral auf dem Thorax lokalisiert und bilden eine maximale Überlagerung auf Höhe des oberen Sternumdrittels. An dieser Stelle überschneiden sich die Schmerzregionen von neun Patienten (36 %).

Ausstrahlung

Nur wenige Patienten aus dieser Gruppe berichteten über eine Projektion ihrer Schmerzen und zwar nur 16 % (n = 4). Es ist zu sehen, dass es zu einer Ausstrahlung sowohl in den vorderen linken Schulterbereich als auch beidseits in den Rücken gekommen ist.

3.2.11 Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) / Asthma

Alle Fälle:



n = 23, Maximale Überschneidung: n = 10 n = 8

Lokalisation

Unter allen Patienten mit Brustschmerz hatten 23 Personen (1,9 %) eine obstruktive Lungenerkrankung in Form von Asthma oder der COPD. Bei diesen Patienten lokalisieren sich die Schmerzen vor allem in der linken Thoraxhälfte sowie hinter dem Sternum. Die häufigsten Überlagerungen liegen direkt hinter dem Sternum, sowohl am Übergang zwischen dem ersten und zweiten Sternumdrittel als auch weiter unten etwa auf Höhe der Mamillen. Sie werden von zehn der 23 Personen aus dieser Gruppe gebildet (43,4 %).

Ausstrahlung

Acht Patienten dieser Gruppe klagten über eine Ausstrahlung ihrer Schmerzen. Es zeigt sich eine Schmerzausstrahlung in beide Arme, die Brust und den Hals. Desweiteren strahlen Schmerzen beidseits in den Rücken aus.

3.3 Vergleiche

3.3.1 Statistische Berechnungen

Für verschiedene Vergleichsgruppen konnten anhand des Hausdorff-Abstandes und des C-Indexes statistische Analysen gemacht werden, um zu untersuchen, ob es signifikante Unterschiede hinsichtlich der Schmerzverteilung zwischen diesen Gruppen gab. In diesem Projekt wurden Berechnungen für insgesamt sechs Paare an Referenzgruppen durchgeführt, deren Ergebnis für den klinischen Alltag am relevantesten war. Zu beachten ist, dass für die statistischen Analysen die Gruppe der Patienten mit „stabiler KHK“ (n = 136) und die Patienten mit „Akutem Koronarsyndrom“ (n = 43) unter der Gesamtgruppe „KHK“ (n = 179) zusammengefasst wurden. Dadurch konnte eine bessere Aussage hinsichtlich der Schmerzverteilung zwischen kardiogenen und nicht kardiogenen Ätiologien gemacht werden.

Gruppenvergleiche	C-Index	p-Wert
KHK versus (vs.) alle anderen Brustschmerz-Ätiologien	0.563	0.996
KHK vs. Brustwandsyndrom	0.539	0.971
KHK vs. GERD	0.504	0.270
KHK vs. Psychogenem Brustschmerz	0.498	0.295
KHK (Männer) vs. KHK (Frauen)	0.496	0.140
BWS Patienten, die glauben, ihre Schmerzen kämen vom Herzen vs. BWS Patienten, die nicht glauben, ihre Schmerzen kämen vom Herzen.	0.450	< 0.001

Tabelle 5: Analyseergebnisse

Ein C-Index von 0 steht für eine perfekte Diskrimination, und ein Index von 1 bedeutet, dass keine Diskrimination möglich ist. (Siehe Kapitel 2.2.6)

3.3.2 KHK im Vergleich zu allen anderen Ätiologien

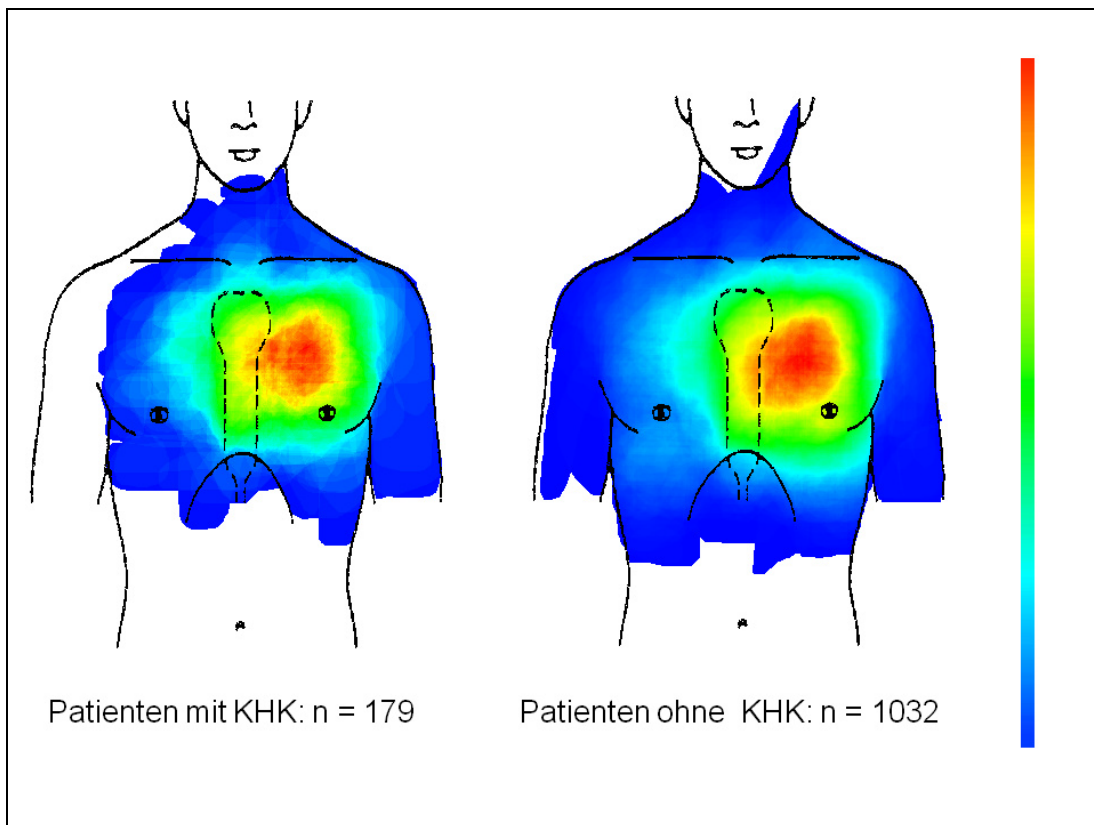


Abbildung 13: KHK versus (vs.) alle anderen Ätiologien

Insgesamt 179 Patienten (14,8 %) der Gesamtpopulation hatten eine koronarischemische Ursache für ihre Beschwerden, also eine KHK. Sowohl bei den KHK-Patienten, als auch bei den anderen Patienten, die keine KHK hatten (n = 1032), sind die Schmerzen hauptsächlich in der linken vorderen Thoraxregion lokalisiert und akkumulieren vor allem in dem Bereich zwischen Sternum und vorderer Axillarlinie. Zwar scheinen sich die Schmerzregionen in der KHK-Gruppe im Vergleich zu den anderen Referenzgruppen besonders auf diese Region zu konzentrieren, aber insgesamt wirken die Bilder fast identisch. In der Vergleichsanalyse ließ sich nur ein C-Index von 0,563 berechnen. Das bedeutet, dass eine Diskrimination zwischen diesen beiden Gruppen nicht möglich ist. Auch der p-Wert von 0,996 bestätigt, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den KHK-Patienten und allen anderen Patienten gibt. Die Schmerzlokalisierung ist also nicht hilfreich, um die KHK von anderen Erkrankungen zu unterscheiden.

3.3.3 KHK im Vergleich zum BWS

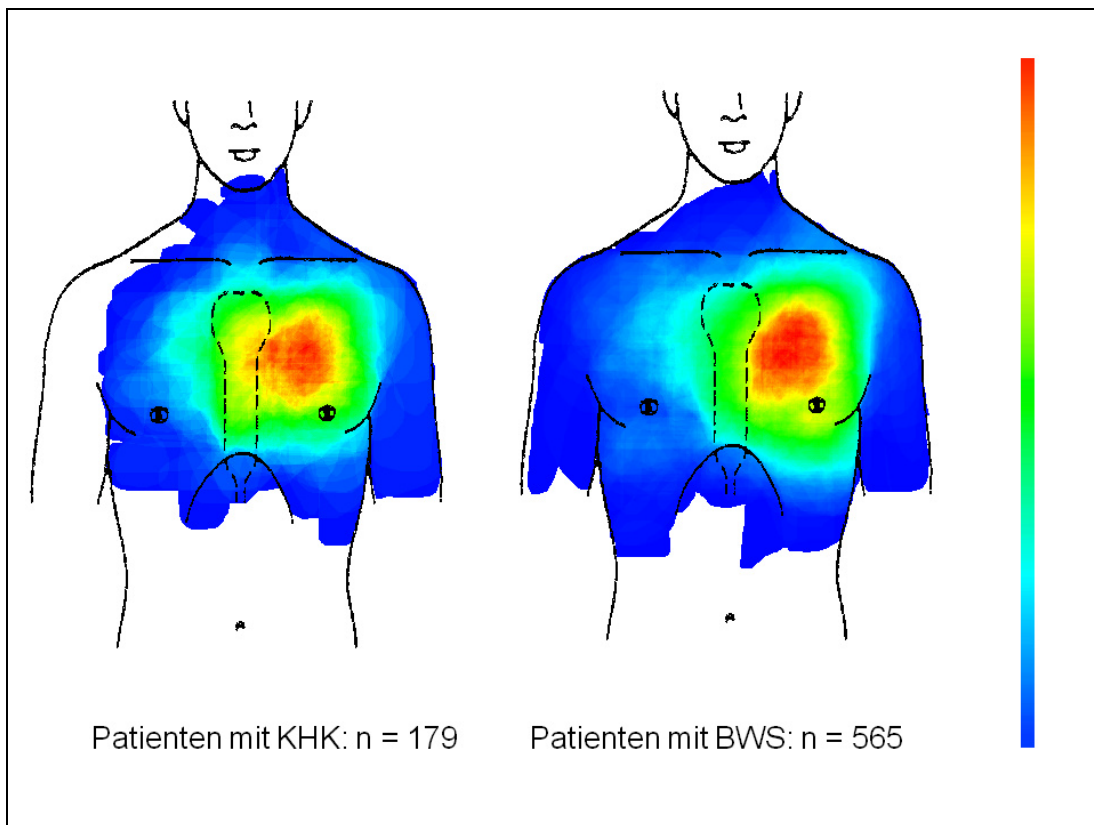


Abbildung 14: KHK vs. BWS

Das Brustwand Syndrom war die größte Diagnosegruppe dieser Studie. 46,6 % der Patienten (n = 565) waren davon betroffen. Im Vergleich mit der KHK war die Verteilung der Schmerzlokalisationen beim Brustwand Syndrom fast identisch. In beiden Gruppen konzentrieren sich die Schmerzen auf den linken Thorax und überschneiden sich vor allem über der präkordialen Region. Der einzige Unterschied scheint eine zusätzliche Ausbreitung nach retrosternal bei den KHK-Patienten zu sein. Ein C-Index von 0,539 und ein p-Wert von 0,971 bedeuten aber, dass der Unterschied hinsichtlich der Schmerzverteilung zwischen diesen beiden Gruppen nicht statistisch signifikant ist. Eine Diskrimination durch die Schmerzlokalisation zwischen Patienten mit KHK und Brustwand Syndrom ist demzufolge nicht möglich.

3.3.4 KHK im Vergleich zur GERD

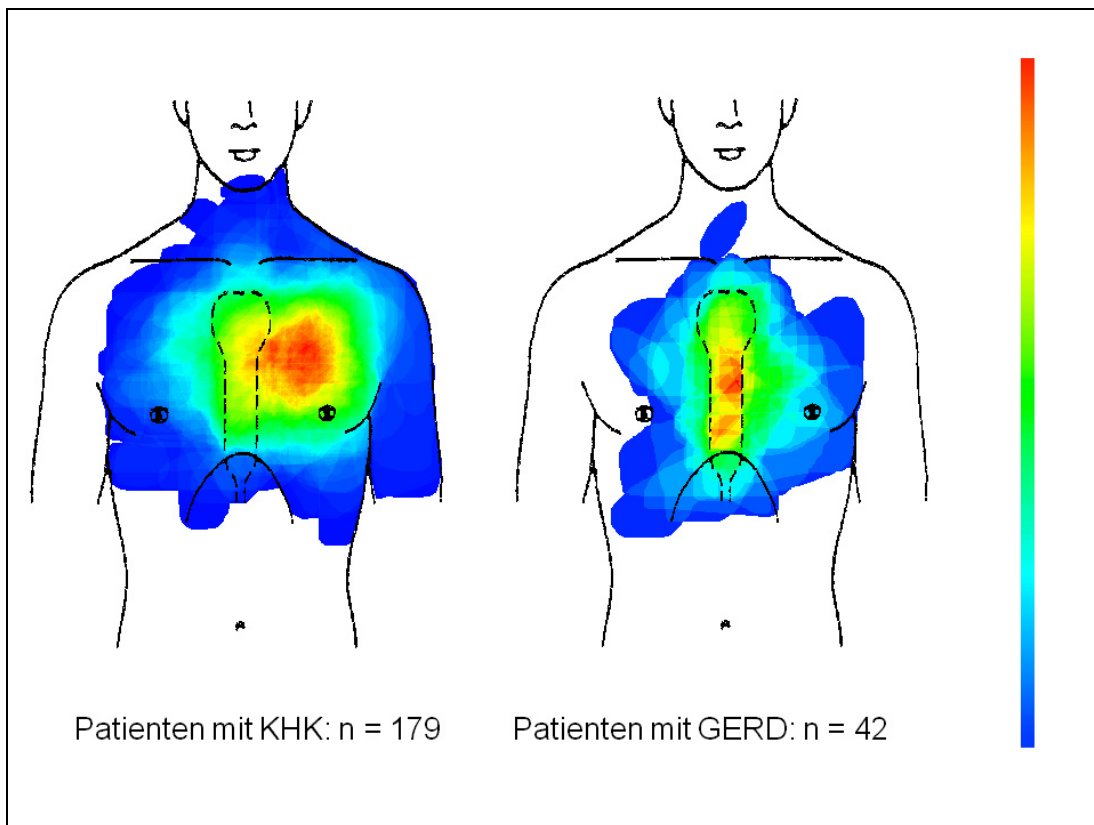


Abbildung 15: KHK vs. GERD

Für 42 von 1211 Patienten war die GERD die Ursache ihrer Brustschmerzen (3,5 %). Im Vergleich zu der KHK sind die Schmerzen bei der GERD hauptsächlich auf den zentralen Thorax und dabei vor allem auf die retrosternale Region konzentriert. Es zeigen sich eindeutige Überlagerungen auf Sternumhöhe, während sich die Schmerzen bei den KHK-Patienten in der linksthorakalen Region überlagern. Die unterschiedliche Distribution der Schmerzen ist insgesamt nicht statistisch signifikant. Der C-Index liegt bei 0,504 und der p-Wert bei 0,270. Die Schmerzlokalisation diskriminiert demzufolge nicht zwischen der KHK und der GERD.

3.3.5 KHK im Vergleich zu psychogenen Beschwerden

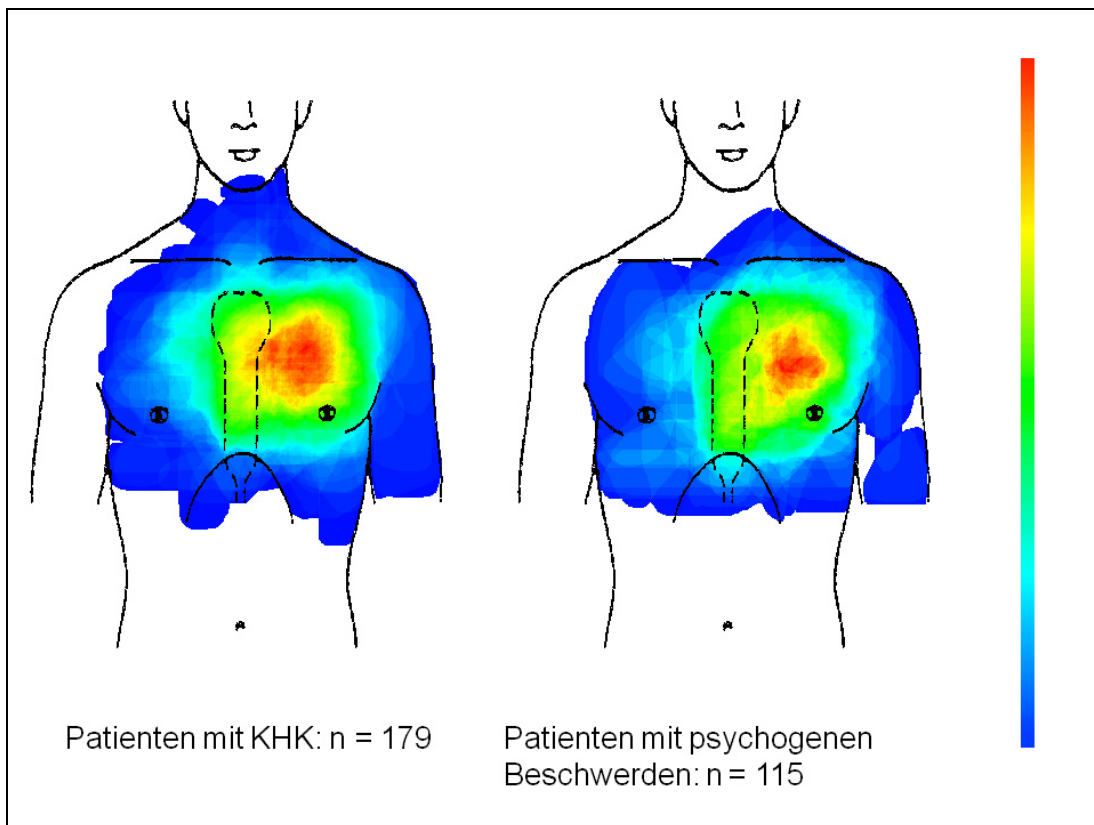


Abbildung 16: KHK vs. psychogene Beschwerden

Bei 9,5 % der Patienten wurden psychogene Beschwerden als Ursache für ihren Brustschmerz diagnostiziert. Sie stellten die dritt größte Subgruppe der Gesamtpopulation dar. Die Schmerzregionen bei psychogenem Brustschmerz sind hauptsächlich linkssternal lokalisiert und fast identisch mit der Schmerzverteilung der KHK-Patienten. Bei den Patienten mit KHK zeigt sich allerdings auch eine häufige Überschneidung von Schmerzen im retrosternalen Bereich, während sich die psychogen bedingten Beschwerden am stärksten auf die Region links neben dem Sternum konzentrieren. Die Ergebnisse der statistischen Berechnungen ergeben keine signifikanten Vergleichswerte (C-Index = 0,498, p-Wert = 0,295). Demzufolge gibt es keinen Unterschied zwischen diesen beiden Referenzgruppen und sie lassen sich anhand der Brustschmerzlokalisation nicht voneinander unterscheiden.

3.3.6 KHK-Männer im Vergleich zu KHK-Frauen

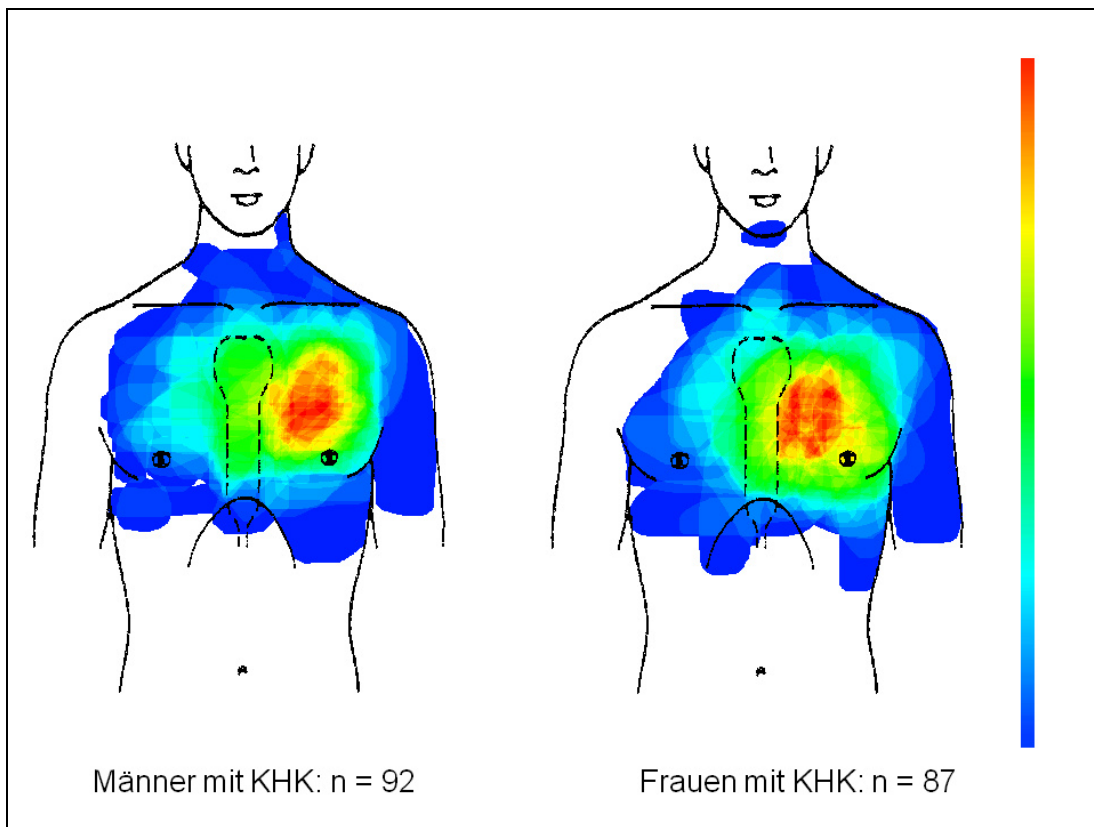


Abbildung 17: Männer mit KHK vs. Frauen mit KHK

Die Geschlechterverteilung innerhalb der Gruppe von Patienten KHK war fast identisch. 51,4 % der Betroffenen waren Männer, daher waren sie minimal in der Überzahl. Ein Unterschied in der Schmerzverteilung zwischen männlichen und weiblichen KHK-Patienten lässt sich kaum feststellen. In beiden Gruppen konzentrieren sich die Schmerzen auf die vordere linksthorakale Region zwischen Sternum und Medioclavicularlinie. Bei den Frauen scheint sich das Areal der häufigsten Überlagerungen etwas mehr an das Sternum anzulagern als bei den Männern. Ein statistisch signifikanter Unterschied ließ sich aber nicht erheben. Ein C-Index von 0,496 und ein p-Wert von 0,140 implizieren, dass diese beiden Gruppen anhand von der Schmerzlokalisation nicht voneinander zu unterscheiden sind.

3.3.7 BWS: „Patient vermutet kardiale Ursache“ im Vergleich zu „Patient vermutet keine kardiale Ursache“.

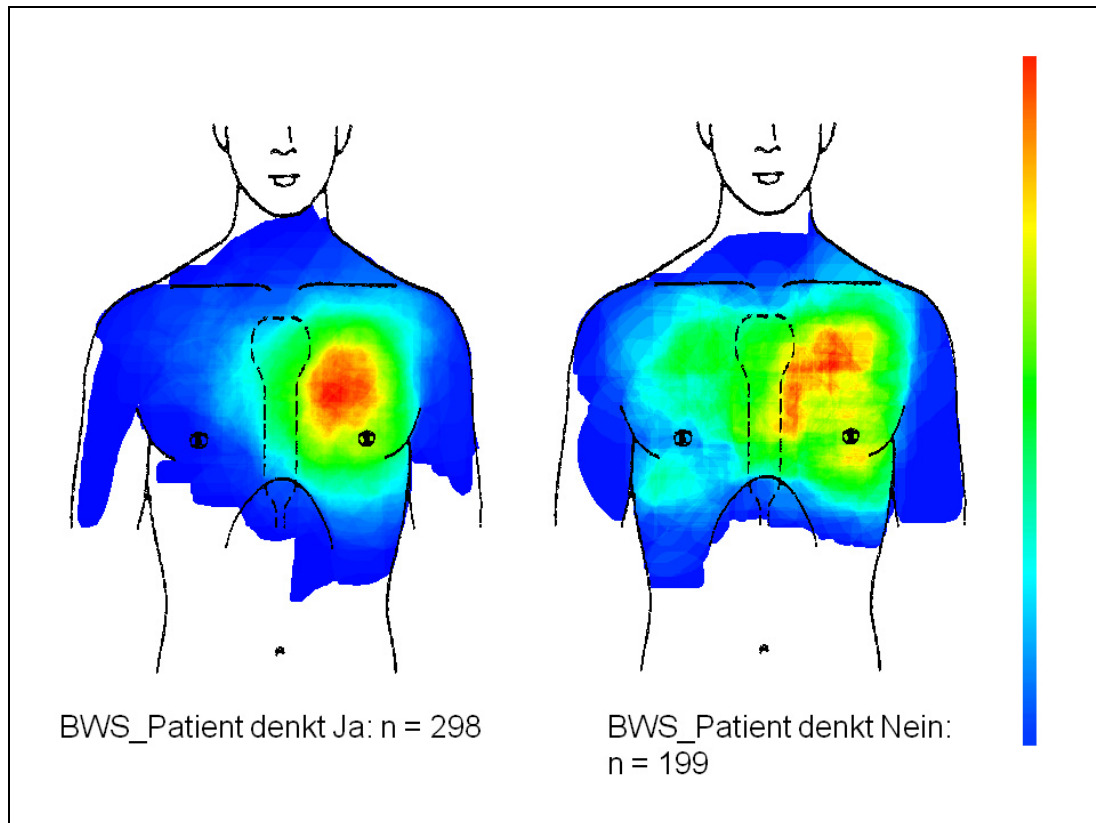


Abbildung 18: BWS: Denkt der Patient, dass die Schmerzen vom Herzen kommen?

52,7 % der Patienten mit BWS dachten, dass ihre Schmerzen vom Herzen bedingt seien ($n = 298$) und 35,2 % gingen nicht davon aus. Die restlichen 12 % der Patienten dieser Gruppe machten keine Angabe dazu. Die Schmerzlokalisationen bei Patienten mit BWS, die eine kardiogene Ursache vermuteten, konzentrieren sich linkssternal auf den vorderen Thorax, genau über der präkordialen Region. Die Schmerzverteilung bei den Patienten, die nicht von einer kardialen Ursache ausgehen, ist insgesamt auf dem Thorax breiter zerstreut und es kommt zu häufigen Überschneidungen zwischen der linksanterioren Brustwand und dem Sternum. Die statistischen Berechnungen ergaben für diese Vergleichsgruppe einen signifikanten Unterschied, was impliziert, dass die Schmerzen bei BWS-Patienten, die eine kardiale Genese vermuten, signifikant häufiger über der Herzgegend auftreten (C-Index = 0,450, p -Wert < 0,001). Die Schmerzlokalisation ist folglich ein hilfreiches Unterscheidungskriterium zwischen diesen beiden Gruppen.

4 Diskussion

Im folgenden Abschnitt erfolgt eine Interpretation und Bewertung der wichtigsten Ergebnisse, die sich an den drei verschiedenen Fragestellungen orientiert. Desweiteren wird die in dieser Arbeit angewandte Methode kritisch beleuchtet und die Konsequenz der Ergebnisse für den klinischen Alltag erörtert.

4.1 Interpretation der Ergebnisse

In der vorliegenden Arbeit wurden anhand eines speziell entwickelten Computerprogramms Schmerzgraphiken für eine große Kohorte von Brustschmerzpatienten aus der Primärversorgung erstellt, welche die Verteilungen von Schmerzlokalisierung und -ausstrahlung für verschiedene Ätiologien beschreiben. Anhand dieser Bilder konnten zusätzlich Analysen für speziell ausgewählte Vergleichspaare gemacht werden, um die Frage zu beantworten, ob die Schmerzlokalisierung bei Brustschmerzpatienten hilfreich ist, um zwischen der KHK und anderen Erkrankungen zu diskriminieren.

Das Hauptergebnis war, dass die Schmerzlokalisationen vor allem für die großen Brustschmerzätiologien überwiegend in der linksanterioren Thoraxhälfte situiert waren und dass die Lokalisation und -ausstrahlung von Brustschmerzen nicht hilfreich sind, um zwischen der KHK und anderen Erkrankungen zu unterscheiden.

4.1.1 Fragestellung 1: Welche Schmerzregionen zeigen sich für verschiedene Diagnosen?

Den Beschwerden der 1211 Brustschmerzpatienten dieser Studie lagen elf verschiedenen Referenzdiagnosen zugrunde.

Besonders für die drei größten Brustschmerzätiologien, dem Brustwandsyndrom, der stabilen KHK und den psychogenen Beschwerden sowie bei der Hypertonie waren die Graphiken sehr ähnlich und es konnten keine offensichtlichen Unterschiede hinsichtlich der Distribution von Schmerzlokalisierung und -ausstrahlung festgestellt werden. Die Schmerzregionen waren vor allem auf der anterioren linken Thoraxwand lokalisiert und bildeten einen Punctum Maximum an Überschneidungen hauptsächlich links parasternal, zwischen Sternum und Medioclaviculärlinie. Weiterhin ergaben sich ähnliche Bilder für die kleineren Referenzgruppen mit den Diagnosen der respiratorischen Infekte, dem ACS, der GERD, der Pleuro-Pneumonie und

den obstruktiven Lungenerkrankungen (COPD und Asthma). Hier waren die Schmerzen vor allem über dem zentralen Thorax in der retrosternalen Region lokalisiert. Patienten mit benignen Magenerkrankungen gaben Schmerzen ubiquitär über den Thorax an, zeigten jedoch eine Häufung im epigastrischen Bereich. Die Schmerzverteilung bei Patienten mit Thoraxtrauma war etwas heterogener als bei den übrigen Patienten und betraf überwiegend den seitlichen Thorax.

Insgesamt gaben nur 31,9 % (n = 386) aller Patienten eine Fortleitung ihrer Schmerzen an. Die Schmerzausstrahlung war in der Summe unabhängig von der Diagnose sehr ähnlich, wobei sich die Schmerzen vor allem in den linken Thorax und die linke obere Extremität fortleiteten.

Für die meisten Erkrankungen machte die graphisch dargestellte Distribution von Schmerzlokalisierung und -ausstrahlung auf der Brustwand pathogenetisch Sinn und stimmt mit den Beschreibungen der bisherigen medizinischen Fachliteratur überein.

Das Leitsymptom der koronarischämischen Krankheiten, wie die stabile KHK und das akute Koronarsyndrom, ist die Angina pectoris. Sie wird typischerweise als: „Herzschmerz hinter dem Brustbein mit Ausstrahlung in die linke Unterkiefer- und Armregion bis in den 4. und 5. Finger der linken Hand und eventuell auch in den Oberbauch“ definiert.¹⁰¹ Doch neben diesen retrosternalen Schmerzen können individuell noch weitere Regionen betroffen sein. So werden auch Schmerzen in der linken präkordialen Region, im Nacken, am Kinn, in den Schultern, an den Außenseiten beider Arme, im Epigastrium, an den Ellenbogen und den Handgelenken beschrieben.⁵³ Diese Vielfalt an Lokalisationsformen spiegeln auch die Bilder dieser Arbeit wieder. Sie bestätigen aber auch, dass sich die Schmerzen sowohl bei der stabilen KHK als auch beim ACS auf das Sternum und die linke Thoraxwand konzentrieren.

Der Sammelbegriff „Brustwandsyndrom“ umfasst verschiedene Terminologien, die eine muskuloskelettale Funktionsstörung auf der Thoraxwand beschreiben, beispielsweise die Costochondritis und das Tietzesyndrom.^{10,102,109} Für die Lokalisation der Schmerzen beim Brustwandsyndrom decken sich die in dieser Arbeit herausgestellten Ergebnisse mit den Beschreibungen aus anderen Studien, welche die Schmerzverteilung für diese muskuloskelettale Erkrankung untersucht haben. Schon 1979 untersuchten Epstein et al. die klinischen Charakteristika des Brustwandsyndroms.³⁴ Die Autoren stellten die häufigste Schmerzlokalisierung in der linksparasternalen Region fest, was auch spätere Arbeiten bestätigten. In der großen Studie zum Thema Brustschmerz aus der Schweiz mit 300 Brustwandsyndrom-

Patienten beschreiben Verdon et al. die Schmerzen als gut lokalisierbar und hauptsächlich auf der linken und mittleren linken Brustwand auftretend.¹⁰⁹ Auch die Schmerzausstrahlung wurde auf eine ähnliche Weise beschrieben, denn die meisten Patienten gaben in dieser Studie ebenfalls eine Schmerzausstrahlung in den linken Arm an. Auch Wise et al. beobachteten, dass Schmerzen beim Brustwand-syndrom hauptsächlich auf der sternalen und linksanterioren Brustwand auftraten.¹¹⁵

Patienten mit Hypertonie stellten die fünftgrößte Subgruppe der Studienpopulation dar. Unsere Bilder zeigen bei diesen Patienten eine fast identische Verteilung von Schmerzregionen wie bei den KHK-Patienten. Brustschmerzen bei Hypertonie sind nicht ungewöhnlich. Zum einen kann es zu den gleichen pectanginösen Beschwerden wie bei der KHK kommen, da die arterielle Hypertonie nicht selten auch mit stenotisch veränderten Koronararterien einhergeht, zum anderen können auch Hypertoniepatienten mit angiographisch normalen Herzkranzgefäßen Brustschmerzen verspüren. Es wird angenommen, dass eine in Folge des Hypertonus veränderte Gewebestruktur zu einer Versteifung der Aorta führt, wodurch Schmerzfasern in der aortalen Adventitia aktiviert werden, die eng mit denen des Herzen verlaufen. Dadurch kann der typische ischämische Brustschmerz bei Angina pectoris imitiert werden.⁹⁹ Eine weitere Erklärung für die fast identische Schmerzdistribution in diesen beiden Gruppen ist die Möglichkeit einer mikrovaskulären Dysfunktion bei Hypertoniepatienten, woraus eine Kombination aus einem erhöhten myokardialen Sauerstoffbedarf und einem verringerten Sauerstoffangebot entstehen kann. Es wird angenommen, dass sich dieses Missverhältnis in einem typischen myokardialen Ischämieschmerz manifestieren kann.¹¹⁷

Gastrointestinale Erkrankungen gehören zu den führenden Ursachen für Brustschmerz in der Primärversorgung.¹³ In der Patientenpopulation dieser Studie waren es sowohl die GERD als auch sonstige benigne Magenerkrankungen, die zu dieser Gruppe gehörten. Hinsichtlich der Schmerzlokalisation zeigte sich in beiden Untergruppen vor allem eine Verteilung über der zentralen Brust, mit deutlicher Konzentration auf das Sternum. Diese Beschreibungen finden sich auch in anderen wissenschaftlichen Artikeln und Lehrbüchern wieder. Hier werden die typischen gastrointestinal bedingten Brustschmerzen ebenfalls als hauptsächlich in der retrosternalen, sub-xyphoidalen und epigastrischen Region angegeben. Mögliche Ausstrahlungsgebiete können der Nacken, die Arme oder der Rücken sein.^{13,16,27,53,82}

Pulmonale Erkrankungen wie respiratorische Infekte, Pneumonien und chronisch obstruktive Leiden können ebenfalls die Ursache für Brustschmerz sein. Die Beschreibungen über typische Schmerzlokalisationen sind breit gefächert. Lee et al.

veröffentlichten 2010 einen Review-Artikel und fassten die bisherigen klinischen Erkenntnisse für Diagnose und Therapie bei respiratorisch bedingtem Brustschmerz zusammen.⁶⁵ Laut dieser Veröffentlichung treten beispielsweise Brustschmerzen aufgrund von Pneumonien dann auf, wenn es zu einer Beteiligung der parietalen Pleura kommt. Da diese durch somatische Intercostalnerven innerviert ist, kommt es im Falle einer Begleitpleuritis bei Pneumonie zu Schmerzen in dem Hautareal, welches von dem betroffenen Neuron versorgt wird. Die Schmerzlokalisation kann also überall auf der Brustwand auftreten, je nachdem wo die Pleura betroffen ist. Dies zeigen auch unsere Bilder, in denen die Schmerzverteilung sehr heterogen auf der gesamten vorderen Brustwand auftritt und es im Verhältnis nur zu wenigen Lokalisationsüberlagerungen kommt. Für respiratorische Infekte und chronisch obstruktive Lungenerkrankungen finden sich keine typischen Beschreibungen der Brustschmerzlokalisation in der Literatur. Vielmehr sind es andere Charakteristika, die in diesem Zusammenhang erwähnt werden, wie beispielsweise Fieber, Dyspnoe und Husten.⁶⁵

In der Differentialdiagnostik von Brustschmerzen dürfen auch traumatische Ursachen nicht außer Acht gelassen werden, die von den Rippen oder den thorakalen Muskeln ausgehen können. Üblicherweise lassen sich sowohl ein direktes, als auch ein indirektes Thoraxtrauma anhand der Anamnese diagnostizieren. Klinische Zeichen beinhalten atemabhängige Schmerzen und vor allem gut lokalisierbare Druckschmerzen an der betroffenen Stelle.¹¹⁸ Die aus dieser Arbeit hervorgehenden Bilder zeigen eine Verteilung der Schmerzen besonders an den lateralen Rippenbögen und lassen beispielsweise an Rippenfrakturen als Auslöser des Brustschmerzes in dieser Gruppe denken.

4.1.2 Fragestellung 2a: Ist die Schmerzlokalisation in der Primärversorgung hilfreich, um zwischen der KHK und anderen Ätiologien zu diskriminieren?

4.1.2.1 Unterscheidung der KHK von anderen häufigen Brustschmerzätiologien

KHK im Vergleich zu allen anderen Ätiologien

Schmerzlokalisation

Aus den Daten dieses Projektes geht hervor, dass die Lokalisation bei Brustschmerzen in der Primärversorgung nicht hilfreich ist, um eine KHK von anderen Erkrankungen zu diskriminieren.

Dieses Ergebnis steht in Einklang mit weiteren Arbeiten, wovon allerdings nur wenige aus der Primärversorgung stammen. Unter den Studien aus der Primärversorgung ist die systematische Literaturübersicht von Mant et al. von zentraler Bedeutung.⁷³ In diesem Review-Artikel wurden bisher existierende Veröffentlichungen über akute und chronische Brustschmerzen aus der Primärversorgung analysiert, u.a. um herauszufinden, wie nützlich einzelne klinische Charakteristika für die zuverlässige Diagnose des ACS sind. Aus den Befunden der Autoren ging hervor, dass kein einziges klinisches Attribut bei akutem Brustschmerz alleine effektiv genug war, um ein ACS auszuschließen oder zu bestätigen. Folglich erachteten sie auch die Schmerzlokalisation nicht als hilfreich, um das ACS zu diskriminieren, was die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit unterstützt.

Auch weitere wissenschaftliche Projekte bestärken die Resultate dieser Arbeit, da der Schmerzlokalisation ebenfalls kein diskriminativer Nutzen in der Evaluation von KHK-Patienten zugeschrieben werden konnte. Allerdings stammen diese Daten hauptsächlich aus dem Hochprävalenzbereich, nämlich aus akuten Notfallambulanzen für Herzpatienten.^{18,24,35,37,40,44,45,68,94}

So kamen Eslick et al. in ihrer Clusteranalyse zu dem Ergebnis, dass die Schmerzlokalisation sowohl bei Patienten mit akutem Koronarsyndrom als auch bei Patienten mit nicht-kardiogener Ursache nicht unterschiedlich war.³⁷ Auch eine Forschungsgruppe aus Schweden, welche die diagnostische Aussagekraft der Schmerzlokalisation speziell bezüglich des akuten Myokardinfarktes (AMI) analysierte, stellte fest, dass Patienten mit und ohne AMI mithilfe der Schmerzlokalisation nicht voneinander zu unterscheiden waren.³⁵ Cooke et al. evaluierten in ihrer Fall-Kontrollstudie die Brustschmerzcharakteristika von Patienten aus einem Herzzentrum der Tertiärversorgung und konnten ebenfalls keinen diskriminativen Nutzen hinsichtlich der Schmerzlokalisation und -ausstrahlung bei stabiler KHK feststellen.²⁴

Das spezielle Setting der Primärversorgung darf jedoch in der Bewertung dieser Ergebnisse nicht außer Acht gelassen werden. Der Grund dafür ist, dass in der Primärversorgung die Bandbreite für die zugrunde liegenden Ätiologien bei Brustschmerz größer ist und die KHK viermal seltener vorkommt als in der Sekundärversorgung.⁴³ Deshalb sind die Ergebnisse aus diesen beiden unterschiedlichen Versorgungsbereichen nicht ohne Weiteres miteinander vergleichbar.

Es lassen sich in der Literatur allerdings auch einige Arbeiten finden, die im Widerspruch zu den Ergebnissen dieser Arbeit stehen. Hierzu gehört u.a. die Studie von Gencer et al., die ebenfalls aus der Primärversorgung stammt.⁴³ In dieser klinischen

Kohortenstudie wurden die Daten von 672 Brustschmerzpatienten aus der Primärversorgung analysiert. Dabei konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Schmerzen, die in der substernalen Region lokalisiert waren, und der Diagnose KHK festgestellt werden. Dies ist verwunderlich, da sowohl Studiendesign als auch Setting beider Projekte sehr ähnlich waren und eine Übereinstimmung der Daten zu erwarten war. Eine mögliche Erklärung für diese Divergenz könnte allerdings in den unterschiedlichen Patientenpopulationen liegen, da die Einschlusskriterien beider Studien nicht völlig identisch waren. In der Primärstudie unseres Projektes waren die anatomischen Landmarken für die Eingrenzung des Brustschmerzes genau festgelegt, sodass beispielsweise auch Patienten eingeschlossen wurden, die seitlichen Thoraxschmerz verspürten. In der schweizer Studie erfolgte die Beurteilung willkürlicher, ob es sich um Brustschmerzen handelte oder nicht. So ist es prinzipiell möglich, dass insgesamt mehr Patienten mit zentralen Brustschmerzen in dieser Studie eingeschlossen waren, Patienten mit atypisch lokalisiertem Brustschmerz hingegen aus der Studienpopulation herausfielen.

Auch aus dem Hochprävalenzbereich lassen sich Daten finden, die einen Zusammenhang zwischen der Schmerzlokalisierung und der Diagnose KHK oder dem ACS finden konnten und demnach nicht mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit übereinstimmen. Gaston-Johansson et al. beobachteten, dass Patienten mit akutem Myokardinfarkt (AMI) signifikant häufiger Schmerzen im linken Arm verspürten als Patienten ohne AMI.⁴² Beunderman et al. beschrieben, dass Patienten in der akuten Phase eines Myokardinfarktes signifikant häufiger Schmerzen im Zentrum der Brust angaben als Patienten mit nicht-kardialen Brustschmerz.⁷ In beiden Studien war die Vortestwahrscheinlichkeit für ein ACS allerdings sehr hoch, da Patienten aus den „Coronary Care Units“ großer Krankenhäuser rekrutiert wurden. In einer retrospektiven Analyse von Mukerji et al. wurde untersucht, ob es klinische Charakteristika gibt, die Brustschmerzpatienten mit nicht-stenosierte Herzkrankgefäßen bereits vor der Durchführung einer Koronarangiographie identifizieren. Dafür wurden Patienten einer Uniklinik, die eine Herzkatheteruntersuchung aufgrund von Brustschmerz erhalten hatten, danach eingeteilt, ob eine relevante Stenose der Herzkranzgefäße vorlag oder nicht. Durch den Vergleich der klinischen Daten, die bereits vor der Angiographie vorgelegen hatten, konnte herausgefunden werden, dass Schmerzen auf der linken Seite des Sternums signifikant häufiger bei den Patienten mit normalen Herzkranzgefäßen auftraten als bei Patienten mit relevanten Stenosen.⁷⁷ Als mögliche Mechanismen für dieses unerwartete Ergebnis diskutierten die Autoren, dass bei solchen Patienten auch psychosomatische Erkrankungen wie beispielsweise

das Da Costa-Syndrom und das Effort-Syndrom vorliegen könnten, die typischerweise linkssternale Brustschmerzen mit Palpationen verursachen und dadurch einen Herzinfarkt simulieren können.

Schmerzausstrahlung

Die Schmerzausstrahlung war in unserer Arbeit nicht Teil der statistischen Analyse, da die angewandte statistische Methodik nicht auf die Schmerzpunkte übertragbar war. Aus diesem Grund wurde dieser Teil des Datensatzes rein deskriptiv dargestellt. Doch weil der Schmerzausstrahlung hinsichtlich akuter kardiovaskulärer Erkrankungen häufig eine diagnostische Rolle zugeschrieben wird, sollen unsere Beobachtungen in diesem Zusammenhang trotzdem kurz erörtert werden.

Unsere Bilder zeigen, dass sowohl bei den Patienten mit stabiler KHK als auch denjenigen mit akutem Koronarsyndrom die Schmerzen vor allem in den linken Arm und die linke Schulterregion ausstrahlten. Ob dies jedoch ein diskriminativer Faktor für Patienten mit koronarischämischen Erkrankungen ist, konnte nicht ermittelt werden. Doch es existieren andere Arbeiten, die den diskriminativen Nutzen von Schmerzausstrahlung evaluiert haben und besonders für den akuten Myokardinfarkt einen Zusammenhang ermitteln konnten. Grijseels et al. benannten die Schmerzausstrahlung in den linken Arm, den Nacken, die linke Schulter und den Rücken als unabhängigen Prädiktor für eine akute kardiale Pathologie bei Patienten mit Verdacht auf einen Myokardinfarkt.⁴⁵ Berger et al. wiesen hingegen der Schmerzausstrahlung in den rechten Arm eine entscheidende Rolle zur Erkennung von Patienten mit akuter Myokardischämie zu.⁶ Die Schmerzausstrahlung in den rechten und linken Arm beschreiben auch andere Studien als zuverlässige Indikatoren für den akuten Herzinfarkt.^{1,44}

Anhand der existierenden Literatur lässt sich also ein Zusammenhang zwischen der Schmerzausstrahlung in die Arme und der koronaren Herzkrankheit erschließen. Für zukünftige Forschungsarbeiten wäre es daher interessant, eine Methode zu entwickeln, mit der auch der Datensatz für die Schmerzausstrahlung aus unserem Projekt hinsichtlich der diskriminativen Eigenschaft für kardiovaskuläre Erkrankungen in der Primärversorgung genauer analysiert werden könnte.

KHK im Vergleich zum Brustwandsyndrom

Die Frage, ob sich anhand der Schmerzlokalisierung das Brustwandsyndrom von der KHK unterscheiden lässt, ist für den allgemeinmedizinischen Alltag von hoher Relevanz, da das Brustwandsyndrom die häufigste Ursache für Brustschmerz in der Primärversorgung ist.^{8,109} Dementsprechend ist das BWS eine wichtige Differential-

diagnose zur KHK. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass durch die Schmerzlokalisation nicht zwischen diesen beiden Erkrankungen unterschieden werden kann. Sowohl die fast identische Verteilung von Schmerzen auf der linksanterioren Brustwand bei beiden Gruppen als auch die nicht signifikanten Werte der statistischen Berechnungen führten zu dieser Schlussfolgerung. Wie in Kapitel 4.1.1 bereits dargestellt, bestätigen auch andere Autoren die vor allem links parasternale Lokalisation der Schmerzen auf der anterioren Thoraxwand beim Brustwand Syndrom.^{34,109,115} Pathophysiologisch ist diese Verteilung allerdings nicht plausibel, da durch die muskuloskelettale Ätiologie dieser Erkrankung eine homogenere Distribution über die gesamte Thoraxwand zu erwarten wäre. Auf dieses Thema wird in Kapitel 4.1.2.2 genauer eingegangen.

Die Diagnose von muskuloskelettalen Brustschmerzen basiert bisher weitestgehend auf den Angaben aus Anamnese und klinischer Untersuchung.⁶⁶ Da es bislang noch keine weiteren zuverlässigen diagnostischen Tests gibt, ist diese Erkrankung hauptsächlich über das Ausschlussverfahren zu stellen.²² Verschiedene Autoren haben deshalb in den letzten Jahren versucht, die diagnostische Treffsicherheit einzelner Variablen zu evaluieren und klinische Diagnosescores für Hausärzte zu entwerfen. Bösner et al. entwickelten mit den Daten aus der zugrunde liegenden Primärstudie dieser Subanalyse einen Score für die sichere Diagnose des Brustwand Syndroms. Die Schmerzlokalisation war hierbei kein entscheidendes Kriterium.¹⁰ Ronga et al. konzipierten ebenfalls einen klinischen Entscheidungspfad für Hausärzte und identifizierten sechs klinische Variablen, die das BWS charakterisieren. Hierunter konnten sie Brustschmerzen, die explizit nicht retrosternal lokalisiert sind, einen prädiktiven Nutzen für das BWS zuschreiben.⁸⁹

Weiterführend finden sich kaum Projekte, die den Nutzen der Schmerzlokalisation für die Unterscheidung zwischen Brustwand Syndrom von kardialen Schmerzen erforscht haben. Eher wurde der Anwesenheit von reproduzierbaren Druckschmerzen über der anterioren Thoraxwand ein diagnostischer Nutzen zugesprochen. Kumarathurai et al. ermittelten, dass Druckschmerzen über der anterioren Brustwand mit einer hohen Wahrscheinlichkeit für normale myokardiale Perfusion assoziiert ist.⁶³ In Übereinstimmung hiermit resümierten auch andere Autoren, dass Druckschmerzen über der anterioren Brustwand die Wahrscheinlichkeit für ein ACS reduzieren.^{17,23,104}

KHK im Vergleich zur GERD

Die Prävalenz der gastroösophagealen Refluxkrankheit in der allgemeinen Bevölkerung ist hoch. Sie stellt demzufolge in der Primärversorgung eine wichtige Differentialdiagnose für Brustschmerzen dar.¹⁶

In der Patientensubgruppe mit GERD aus dieser Studie waren die Schmerzen vor allem auf dem zentralen Thorax lokalisiert mit einer deutlichen Konzentration über dem Sternum. Einen statistisch signifikanten Unterschied zu der Schmerzverteilung bei KHK-Patienten gab es allerdings nicht.

Die Ähnlichkeit von gastroösophagealem und koronarischämischem Brustschmerz wurde schon in vergangenen Studien beschrieben.^{27,82} Eine pathophysiologische Ursache für die Entstehung von Angina-ähnlichen Brustschmerzen bei GERD könnte die gemeinsame Innervation von Ösophagus und Herz sein. Kommt es zur ösophagealen Nozizeptorstimulation z.B. durch Säure oder Wanddehnung, so kann eventuell auch die koronare Blutzirkulation beeinträchtigt werden.⁸² Auch die Tatsache, dass Herz und Ösophagus anatomisch nah beieinander liegen und dementsprechend die viszeralen Schmerzen fast an denselben Stellen entstehen, kann die ähnliche Schmerzdistribution beider Erkrankungen erklären. Es wird also nur ein geringer Unterschied hinsichtlich der Schmerzverteilung zwischen Patienten mit GERD und KHK erwartet, was durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie gestützt werden kann.

Die Daten von Davies et al. hingegen widersprechen diesen Erkenntnissen.²⁷ In ihrer Studie betonten sie zwar ebenfalls, dass viele der klassischen Eigenschaften der Angina pectoris bei GERD- und KHK-Patienten gleich häufig auftraten, andererseits jedoch stellten sie fest, dass retrosternale Schmerzen ohne laterale Schmerzausstrahlung häufiger mit der GERD assoziiert waren und demzufolge hilfreich waren, um zwischen ösophagealem und kardialen Brustschmerz zu unterscheiden. Es ist allerdings zu beachten, dass es sich bei diesem Projekt um ein anderes Setting handelt. Alle rekrutierten Patienten sind als Notfälle mit akutem Brustschmerz in eine Kliniknotaufnahme eingewiesen worden, denen eindeutig die Diagnose KHK oder GERD gestellt werden konnte. Patienten mit diffuser und subakuter Symptomatik wurden hingegen nicht erfasst. Diese starke Selektion kann eine Erklärung dafür sein, dass ein so deutliches Diskriminierungskriterium zwischen diesen beiden Erkrankungen gefunden werden konnte.

KHK im Vergleich zu psychogenen Beschwerden

Psychogene Beschwerden gehören zu den häufigsten Ursachen für Brustschmerz in der Primärversorgung.^{8,26,110} In der vorliegenden Analyse bildeten diese Patienten die drittgrößte Gruppe. Der Begriff „psychogen“ ist als Überbegriff für eine Vielzahl von zugrunde liegenden Beschwerden zu verstehen. Die häufigsten Erkrankungen, die unter diesen Sammelbegriff fallen, sind Angst- und Panikstörungen sowie Depressionen.^{26,57,112} Panikstörungen beispielsweise haben eine Prävalenz von 8 % bei Patienten in der Primärversorgung mit nicht-kardialen Brustschmerz.¹¹⁸

Die Daten dieser Arbeit zeigen, dass die Schmerzen der Patienten mit psychogenen Beschwerden vor allem linksthorakal lokalisiert waren und dass die Lokalisation fast nicht von den Patienten mit einer koronaren Herzerkrankung zu unterscheiden war. Auch die statistischen Berechnungen zeigten, dass die Schmerzlokalisierung kein hilfreiches diskriminatives Kriterium zwischen diesen Gruppen darstellt. Dies bestätigen auch andere Angaben aus der Literatur. Die Lokalisation von Brustschmerzen bei Patienten mit psychogenen Beschwerden wird hier typischerweise als sehr uncharakteristisch beschrieben und Schmerzen können auf multiplen Regionen der vorderen Brustwand lokalisiert sein, wobei die Differenzierung zur Schmerzlokalisierung bei KHK insgesamt sehr schwierig ist.⁴¹

Für diese Tatsache liegen verschiedene Erklärungsansätze vor. Vor dem Hintergrund, dass Brustschmerzen ein lebensgefährliches, kardiogenes Event implizieren können, kann ein solches Ereignis für den Patienten beängstigend sein. Besonders Patienten mit psychogenem Brustschmerz neigen dazu, sich vor einer eventuellen kardialen Genese zu fürchten. Im Vergleich zu Patienten mit anderen Ursachen für nicht kardiogenen Brustschmerz tendieren sie dazu, vegetativen Veränderungen ihres Körpers eine übertriebene Aufmerksamkeit zu schenken und eine häufige ärztliche Abklärung ihrer Symptome einzufordern.¹¹² Weiterhin zeigen sie eine stärkere Überzeugung davon ernsthaft krank zu sein als Patienten, bei denen tatsächlich eine organische Ursache für ihren Thoraxschmerz vorliegt.¹¹² In unserer Studie waren 64,3 % (n = 74) der Patienten mit psychogenen Beschwerden der Ansicht, dass ihre Schmerzen vom Herzen ausgingen, was die Angst vor kardialen Erkrankungen in dieser Gruppe akzentuiert. Es könnte also sein, dass vor allem Patienten mit linksthorakalen Schmerzen aus Angst zum Hausarzt gehen, wohingegen vermutlich bei Schmerzen auf der rechten Seite keine ernsthafte Erkrankung vermutet wird. Auf diesen Selbstselektionierungsprozess wird genauer in Kapitel 4.1.2.2 eingegangen.

Eine zusätzliche Erklärung für die fast vollständige Überschneidung kann die pathophysiologische Projektion von psychogenen Schmerzen auf die präkordiale Region sein. Es wird angenommen, dass es bei Panikstörungen zu einer Fehlkontrolle des sympathischen Nervensystems kommt, wodurch auch kardiale Symptome wie Brustschmerzen entstehen können.⁵⁷ In einer Studie von Beunderman et al. konnte gezeigt werden, dass Patienten mit Herzinfarkt in der prodromalen Phase genauso oft linksseitigen Brustschmerz angaben wie eine Vergleichsgruppe von Patienten mit Hyperventilationssyndrom.⁷ Das Hyperventilationssyndrom wird in der Literatur als Synonym für psychogene Funktionsstörungen verwendet.⁵⁷

Die Folge ist, dass Patienten mit psychogenem Brustschmerz aufgrund ihres Gesundheitsverhaltens verstärkt dem Risiko ausgesetzt sind, ein übertriebenes Maß an diagnostischer Abklärung zu erhalten. Auf diese Weise wird auch die Herausforderung für Hausärzte, die in der adäquaten Evaluation dieser Patienten besteht, verstärkt. Deshalb ist es umso wichtiger für Hausärzte, Patienten mit psychogenem Brustschmerz akkurat und rechtzeitig zu diagnostizieren, um eine übertriebene Inanspruchnahme medizinischer Ressourcen zu vermeiden.

4.1.2.2 „Denken Sie, dass Ihre Schmerzen vom Herzen kommen?“ Der Einfluss des „Self-Selection Bias“ auf den hausärztlichen Alltag.

In einigen Referenzgruppen wäre pathophysiologisch eine andere Schmerzverteilung zu erwarten gewesen als sie letztendlich in den Bildern dieser Arbeit herausgestellt werden konnte. Dies traf besonders für das Brustwand Syndrom und für Patienten mit psychogenen Beschwerden zu. In beiden Patientengruppen zeigte sich eine fast identische Schmerzdistribution wie bei den KHK-Patienten. Besonders beim Brustwand Syndrom wäre aber eine andere Verteilung zu erwarten gewesen. Da es sich bei dieser Erkrankung um eine muskuloskelettale Funktionsstörung handelt, war nicht davon auszugehen, dass sich die Schmerzen auf eine bestimmte Region konzentrieren. Vielmehr wäre eine gleichmäßige Verteilung über den gesamten Thorax zu erwarten gewesen. Auch bei den psychogenen Beschwerden ist eine Assoziation zwischen Ätiopathogenese und einer vorwiegend linksthorakalen Schmerzlokalisation nicht sofort naheliegend.

Es ist zu vermuten, dass in diesen Patientengruppen ein Selektionierungsprozess stattgefunden hat, wodurch es zu einer Verzerrung in der tatsächlichen Brustschmerzverteilung der zugrunde liegenden Erkrankung kommt. Aus Angst vor einer kardialen Genese kommen Patienten mit linksthorakalen Schmerzen wahrscheinlich

häufiger zum Hausarzt, als wenn sie die gleichen Schmerzen in einer anderen Thoraxregion verspüren würden.

Diese Vermutung wird durch die Subanalyse unserer Arbeit auf Abbildung 18 in Kapitel 3.3.7 gestützt. Die Schmerzlokalisierung von Patienten mit BWS, die annahmen ihre Schmerzen würden vom Herzen ausgehen, wurde mit denjenigen BWS-Patienten verglichen, die keine kardiale Ursache vermuteten. Dies war die einzige Vergleichsgruppe, für die ein signifikanter Unterschied in der Schmerzdistribution nachgewiesen werden konnte. Patienten mit BWS, die eine kardiale Ursache vermuteten, zeigten eine statistisch signifikant häufigere Schmerzüberlagerung über der Herzregion als die Vergleichsgruppe.

Dass Patienten den linksseitigen Thoraxschmerz mit einer lebensbedrohlichen kardialen Ursache in Verbindung bringen, kann auch anhand der Beobachtungen von Verdon et al. in ihrer vergleichbaren Studie vermutet werden. Die Autoren beschrieben in ihrer Investigation über das Brustwand Syndrom in der Primärversorgung ein vor allem links thorakales Auftreten von Brustschmerzen und beobachteten eine ausgeprägte Angst vor ernsten Erkrankungen bei diesen Patienten. 54 % der Patienten mit moderaten Beschwerden und 93 % der Patienten mit akuten und intensiven Beschwerden empfanden Angst während ihrer Brustschmerzepisode.¹⁰⁹ Dies impliziert eine starke Assoziation mit lebensbedrohlichen kardialen Erkrankungen innerhalb dieser Patientenpopulation.

Innerhalb der eigentlich unselektierten Patienten Klientel in der Primärversorgung kann es also sein, dass dennoch eine gewisse Selbstselektion stattfindet. Aus Angst vor lebensbedrohlichen Erkrankungen werden Schmerzen über der linken Herzgegend schnell mit einer kardialen Ursache assoziiert. Dieser Schlüsselreiz mag durch Gesundheitskampagnen und Medien getriggert sein, in denen Bilder des linksthorakalen Thoraxschmerzes häufig mit einem akuten Myokardinfarkt in Zusammenhang gebracht werden. Der Einfluss der Massenmedien auf das Gesundheitsverhalten der Bevölkerung und die Nutzung medizinischer Ressourcen wurde bereits in der Literatur beschrieben.⁴⁶ Da Gesundheitsinformationen heute immer leichter für die Allgemeinbevölkerung zugänglich sind, ist anzunehmen, dass der Einfluss dieses Vorwissens das Inanspruchnahmeverhalten von hausärztlichen Konsultationen steuert und ein sogenannter Trigger für häufigere Arztbesuche ist.

Verschiedene Autoren haben bereits ähnliche Effekte des „Self-Selection Bias“ für andere klinische Bereiche beschrieben und unterstützen unsere Vermutungen.^{60,67,78} In einem epidemiologischen Artikel über den Einfluss des Selektionsbias auf den

Zusammenhang zwischen Symptom und Diagnose, sprechen Kottner et al. von dem Phänomen des „Pseudo-Zusammenhangs“, der durch das Gesundheitsverhalten von Patienten produziert werden kann.⁶⁰ Es entstehen automatisierte Schlussfolgerungen über den Zusammenhang zwischen Symptomen und einer bestimmten Krankheit, weil sie über die Zeit so erlernt worden sind und sich reproduziert haben. Auf unser Projekt bezogen kann man vermuten, dass es zu einem „Pseudo-Zusammenhang“ zwischen linksseitig lokalisierten Brustschmerzen und koronarischämischen Erkrankungen gekommen ist. Patienten assoziieren mit linksthorakalen Beschwerden automatisch eine ernsthafte kardiale Ursache, obwohl die zugrunde liegende Ätiologie meistens nicht kardial ist.

Dies soll jedoch nicht die berechtigte Sorge vor kardiovaskulären Erkrankungen in der Bevölkerung marginalisieren. Der neu aufgetretene linksseitige Brustschmerz ist weiterhin ein Alarmsignal für kardiovaskuläre Erkrankungen und ein dringender ärztlicher Konsultationsanlass. Eine weiterführende klinische und diagnostische Evaluation sowie die Einordnung des Leitsymptoms Brustschmerz in den klinischen Gesamtkontext bleibt unabdingbar.

Der Effekt des „Self-Selection Bias“ unterstreicht vielmehr die Herausforderung, die das adäquate Patientenmanagement von Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung darstellt. Geht man davon aus, dass sich der „linksthorakale Brustschmerz“ zu einem Triggerfaktor für zunehmende Arztbesuche entwickelt hat, so sinkt durch diese Vorselektion die Rate an tatsächlich kardialen Erkrankungen unter diesen Patienten. Während das Spektrum an möglichen Ursachen für linksseitigen Thoraxschmerz immer breiter wird, wird automatisch die Wahrscheinlichkeit für ein ernsthaftes koronarischämisches Ereignis immer geringer. Hinsichtlich einer KHK oder eines ACS hat dieser Effekt daher einen Verlust der diagnostischen Aussagekraft der Schmerzlokalisation bei Thoraxschmerzen zur Folge. Denn je niedriger die Prävalenz einer Erkrankung ist, desto geringer ist auch der diagnostische Nutzen eines bestimmten Symptoms.²⁸ Es stellt sich also die Frage, ob der diagnostische Nutzen der Schmerzlokalisation bei Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung nicht schon aufgebraucht ist.

Hausärzte sollten den Effekt des „Self-Selection Bias“ in der klinischen Evaluation ihrer Patienten berücksichtigen und das klinische Charakteristikum der präzisen Brustschmerzlokalisation immer im klinischen Gesamtkontext bewerten.

4.1.3 Fragestellung 2b: Gibt es bei KHK-Patienten hinsichtlich der Schmerzlokalisation Unterschiede zwischen Männern und Frauen?

In der Gesamtpopulation der vorliegenden Studie befanden sich unter allen Brustschmerzpatienten mehr Frauen als Männer (56 % weiblich, 44 % männlich). Frauen litten signifikant häufiger an psychogenen Beschwerden, während Männer häufiger an KHK, Trauma und Pleuro-Pneumonie erkrankt waren.¹⁴ Unter allen Patienten mit KHK war der Anteil an männlichen Patienten etwas höher (51,4 %). Ein Unterschied in der Schmerzlokalisation zwischen männlichen und weiblichen KHK-Patienten konnte nicht festgestellt werden. Die Schmerzen verteilten sich in beiden Gruppen besonders über der linksthorakalen Brustwand und konzentrierten sich auf die präkordiale Region. Auch die statistischen Berechnungen ergaben, dass die Brustschmerzlokalisation keinen diskriminativen Charakter zwischen männlichen und weiblichen KHK-Patienten hatte.

Die Frage, ob es geschlechtsspezifische Unterschiede bei Patienten mit koronarischemischen Erkrankungen gibt, führt in der Literatur immer wieder zu Diskussionen. Viele Studien haben Gender-Unterschiede für verschiedene klinische Charakteristika untersucht, u.a. auch die Lokalisation der Schmerzen. Daten existieren vor allem für das akute Koronarsyndrom und den akuten Myokardinfarkt und stammen hauptsächlich aus dem Sekundärversorgungsbereich.

In manchen Studien finden sich über die Verteilung von Schmerzregionen bei Männern und Frauen mit KHK ähnliche Angaben wie auch in diesem Projekt. Die retrosternale Region, die obere linke Brust, und die obere zentrale Brust wurden als die häufigsten Manifestationsorte in beiden Geschlechtsgruppen genannt, was auch den Ergebnissen dieser Arbeit entspricht.^{25,40,76}

Es gibt allerdings auch gegenteilige Ergebnisse. Manche Autoren beobachteten ein signifikant häufigeres Auftreten von Nacken,- Kiefer,- Rücken,- und rechtsseitigen Brustschmerzen bei Frauen mit KHK und akutem Myokardinfarkt.^{3,25,64,69} D'Antono et al. untersuchten verschiedene klinische Symptome der Angina pectoris bei Männern und Frauen mit stabiler KHK, die in einem Krankenhaus der Tertiärversorgung rekrutiert wurden. U.a. wurden auch die Unterschiede in der Schmerzlokalisation analysiert. Die Autoren stellten fest, dass Frauen signifikant häufiger Schmerzen im Nacken verspürten. Männer hingegen berichteten öfter von Schmerzen in der rechten oberen Brust und Schulter als Frauen.²⁵ Diese Ergebnisse bestätigt auch eine Studie aus dem Jahr 2011. Hier konnte eine signifikant häufigere Schmerzlokalisation im Nacken und Kieferbereich bei Frauen mit provozierter Koronarischemie durch Ballondilatation festgestellt werden.⁶⁹ Eine mögliche Erklärung hierfür war, dass

Frauen eine stärkere Vagusaktivität haben als Männer und die Nacken und Kieferregion vom Nervus Vagus innerviert wird. Auch gibt es Analysen zu rechtsthorakalen Brust- und Rückenschmerzen. Beispielsweise berichten Kosuge et al. über einen signifikant höheren Anteil von rechtem Schulterschmerz bei Frauen mit ST-Hebungsinfarkt.⁶² Everts et al. beschreiben ein signifikant häufigeres Auftreten von Schmerzen im Nacken und Rücken bei Frauen mit akutem Myokardinfarkt als bei Männern.⁴⁰

Es finden sich also zahlreiche Studien, welche die Brustschmerzlokalisation als hilfreich erachten, um zwischen Männern und Frauen mit KHK differenzieren zu können. Die Gründe, weshalb sich unsere Ergebnisse von denen aus der Literatur unterscheiden, sind vielfältig. Den meisten Studien lag sowohl ein anderes Setting, als auch ein anderes Studienkollektiv zugrunde. Die unterschiedlichen Versorgungsbereiche sind hierunter wieder ein tragendes Argument. In den Notfallkliniken der Sekundär- und Tertiärversorgung konnte gezielt eine größere Anzahl von Patienten entweder mit eindeutiger KHK oder ACS rekrutiert werden, während dem Patientenkollektiv in unserer Studie ein breiteres diagnostisches Spektrum zugrunde lag. Deshalb war der Anteil der Patienten mit einem ACS deutlich kleiner als in den oben erwähnten Vergleichsstudien. Auch für die statistischen Berechnungen ist dies ein entscheidender Faktor. Denn anhand der wesentlich größeren Fallzahlen von Patienten mit einem ACS aus dem Sekundärversorgungsbereich, war es auch statistisch leichter, ein signifikantes Ergebnis in diesen Studien zu erhalten. Für die statistische Analyse dieser Arbeit wurden die Patienten mit stabiler KHK und ACS zusammengefasst, da die Fallzahlen für die Berechnungen der einzelnen Erkrankungen sonst zu gering gewesen wären.

Speziell für die Primärversorgung ließen sich für die Frage nach Geschlechtsunterschieden hinsichtlich der Schmerzlokalisation bei KHK keine aussagekräftigen Vergleichsdaten finden. Dies ist ein Indiz dafür, dass für die Primärversorgung noch ein Mangel an signifikanten Daten besteht, die für die kritische Evaluation von Brustschmerzpatienten, auch hinsichtlich der Geschlechtsunterschiede, eine diagnostische Hilfestellung darstellen.

4.2 Methodenkritik

Bei dem vorliegenden Projekt handelt es sich um eine Subanalyse einer großen prognostischen Querschnittsstudie aus der Allgemeinmedizin. Die Analyse umfasste eine Patientenpopulation von 1211 Personen.

4.2.1 Primärstudie

Die Vorteile dieses Projektes waren u.a. im Studiendesign und Setting der Primärstudie zu sehen. Zum einen gewährleistete die hohe Anzahl an Studienteilnehmern eine hoch repräsentative Stichprobe. Zum anderen führten das prospektive Design und die geringen Drop Out-Raten in der Follow-Up Periode zu zuverlässigen Ergebnissen. Verschiedene Vorgehensweisen, wie beispielsweise stichprobenartige Audits der teilnehmenden Praxen, verringerten das Risiko für einen Selektionsbias. Ein interdisziplinäres Team aus Allgemeinmedizinern und Kardiologen gewährleistete nach Ablauf der Follow-Up Zeit eine möglichst präzise Diagnose, die im Folgenden als Referenzstandard diente.

Ein Nachteil bestand allerdings in der Möglichkeit eines Incorporationbias in Bezug auf die letztendliche Referenzdiagnose.¹¹³ Da die Teilnehmer des Referenzkomitees auch den initialen Indexfragebogen, auf welchen die Hausärzte zu Beginn u.a. ihre provisorische Diagnose eingetragen hatten, für die endgültige Diagnosestellung verwendeten, waren sie diesbezüglich unverblindet. Es kann daher sein, dass sie bezüglich der finalen Diagnose voreingenommen waren. Da zudem kein Einfluss auf die von den Hausärzten initiierte weitere Abklärung genommen wurde, standen dem Referenzkomitee teilweise nur limitierte klinische Informationen zur Verfügung. Dies traf vor allem für ältere Patienten zu, bei denen zum Teil bereits eine KHK bekannt war und bei denen außer einem Ruhe-EKG keine weitere Abklärung eingeleitet wurde.

4.2.2 Sekundäranalyse

4.2.2.1 Computer-Applikation

Ein weiterer Vorteil dieser Arbeit war die innovative Methode für die graphische Schmerzdarstellung der Sekundäranalyse. Speziell für dieses Projekt wurde eine neue Computermethode entwickelt, mit der es möglich war, die originalen Einzeichnungen auf den Erhebungsbögen in eine exakte digitale Matrizierung des ursprünglichen

Piktogramms zu übertragen. Der Vorteil lag u.a. darin, dass die Bilder fast im Original abgezeichnet werden konnten und auf diese Weise eine hohe Datenintegrität gewährleistet wurde. Denn es konnte jeder einzelne Lokalisationspunkt auf der originalen Thoraxgraphik in der finalen Ergebnisgraphik repräsentiert werden. Dies ist ein Vorzug gegenüber der sonst gängigen „Clusteringmethode“. Diese schon in Kapitel 1.4 beschriebene Methode ist nämlich nur eine ungenaue Variante der Schmerzvisualisierung, die zu einem hohen Datenverlust führt. Denn über das Clustering von Schmerzregionen, die über nummerierte Quadrate auf der Körperoberfläche erfasst werden, kann nur eine grobe Einteilung von Schmerzregionen gemacht werden und die Information über die exakte anatomische Schmerzlokalisierung geht hierbei verloren.

Dennoch ist ein gewisses Maß an Datenverlust auch in diesem Projekt nicht zu vermeiden gewesen. Denn der Prozess bis zu der Entstehung des finalen Bildes beinhaltete mehrere Schritte, was eventuell zu einer Datenverzerrung führen konnte. Schmerzen, die der Patient empfand, mussten zunächst durch ihn selbst verbalisiert, dann durch den behandelnden Hausarzt in die Thoraxgraphik gezeichnet und im letzten Schritt durch eine dritte Person manuell in das Computerprogramm übertragen werden. Diese verschiedenen Schritte in der Datenübertragung bargen die Gefahr von Fehlerquellen. Um diese Gefahr jedoch möglichst gering zu halten, wurden auf jeder Ebene des Datenerhebungsprozesses verschiedene Kontrollmechanismen in Form von Plausibilitätskontrollen eingeführt. Hausärzte wurden genau angewiesen, wie die Einzeichnung der Patientenbeschreibungen in den Dokumentationsbogen erfolgen sollte, was durch stichprobenartige Audits kontrolliert wurde. Desweiteren wurde die genaue Übertragung in den Computer durch einen unabhängigen Zweitbeobachter gegengeprüft. Auf diese Weise konnte die bestmögliche Integrität der Daten sichergestellt werden.

Bei der vorgestellten Computermethode in diesem Projekt handelt es sich um eine innovative Entwicklung im Bereich des „Pain Mappings“. Unseres Wissens nach gibt es bisher nur ein Projekt, welches ein ähnliches Verfahren angewendet hat. Die Arbeitsgruppe von Jud et al. aus Erlangen bediente sich ebenfalls einer Methode, in der Schmerzgraphiken von Brustkrebspatientinnen von einem Dokumentationsbogen per Hand auf ein „Computertablet“ übertragen wurden.⁵⁶ Die Analyse der Bilder erfolgte durch das Auszählen von Pixeln in den überlagerten Schmerzgraphiken. Auf diese Weise konnten Schmerzregionen für verschiedene Subgruppen von Brustkrebspatientinnen verglichen werden. Die farbliche Darstellung erfolgte nicht wie hier mit einer RGB-Skala, sondern durch die Verknüpfung einer Schwarz-Weiß-

Skala, in der Schwarz eine 100 % ige Überlagerung an einer bestimmten Lokalisation signalisierte und Weiß für keine Überlagerung stand. Signifikanzberechnungen wurden anhand eines t-Test-Verfahrens gemacht. Insgesamt stellt diese Methode eine gute Alternative zu der „Pain Region“-Software aus der vorliegenden Arbeit dar, da sie ebenfalls leicht anzuwenden ist und eine hohe Datenintegrität gewährleistet. Jedoch wurde eine sehr spezielle Hardware verwendet, die zum einen sehr teuer und zum anderen nicht ohne weiteres verfügbar ist, während unsere Methode auf jeglichen Computern durchführbar ist.

Ein Nachteil der Art von „Pain Mapping“, wie sie in unserem Projekt durchgeführt wurde, ist unter anderem die reine zwei-dimensionale Darstellung von Schmerzlokalisationen. Schmerzen, die in der Tiefe des Körpers empfunden wurden, konnten durch die angewendete Methode nicht dargestellt werden, was zu einem gewissen Grad an Datenverzerrung geführt haben kann. Dies ist ein bereits allgemein anerkanntes Problem in der Verwendung von „Pain Maps“.⁹⁶ Eine mögliche Lösung für die Zukunft wäre daher der Gebrauch von drei-dimensionalen Methoden, die auch bereits in Erprobung sind.⁵⁵

Genau wie die Tiefenperzeption konnten auch die Schmerzqualität und -intensität durch die Computer-Applikation in diesem Projekt nicht erfasst werden. Dies war aber auch nicht Teil der Forschungsfrage. In anderen Formen des Schmerzassessments durch „Pain Maps“ könnte dies aber durchaus gewünscht sein. Eine mögliche Form wäre daher die Verknüpfung der Bilder mit weiteren Variablen, die solche Charaktereigenschaften beinhalten.

Zusammenfassend ist zu sagen, dass in dieser Arbeit mit einer innovativen, leicht zu handhabenden und verlässlichen Methode gearbeitet worden ist, die einen genauen und verlässlichen Datensatz zur Evaluation der Brustschmerzlokalisation hervorbrachte. Eine gewisse Gefahr von Verzerrungen konnte zwar nicht komplett ausgeschlossen werden, aber durch verschiedene Kontrollinstanzen konnte das Risiko gering gehalten werden. In Anbetracht der Tatsache, dass „Pain Mapping“ eine anerkannte Methode in der Evaluation von Schmerzen ist, könnte diese Methode auch in anderen Bereichen wie chronische Schmerzsyndrome, Migräne, Rückenschmerzen etc. angewendet werden.

4.2.2.2 Datenanalyse

Die Ergebnisse dieses Projektes haben u.a. gezeigt, dass die Brustschmerzlokalisation in der Primärversorgung nicht hilfreich ist, um die KHK von anderen Ätiologien für Brustschmerz zu diskriminieren.

Die Brustschmerzlokalisation stellt jedoch nur eine der unterschiedlichsten klinischen Variablen aus den Bereichen der Anamnese und klinischen Untersuchung dar, die in der Evaluation von Brustschmerzpatienten relevante Informationen liefern.

Die Konzentration auf die diagnostische Aussagekraft eines einzelnen Symptoms stellt daher eine Limitierung dieser Arbeit dar, da unsere Ergebnisse nicht ohne weiteres auf den klinischen Alltag übertragbar sind. Denn letztendlich sind es immer mehrere Kriterien in Kombination, die einem Arzt einen Hinweis auf eine bestimmte Erkrankung geben.

Für die klinisch -praktische Herangehensweise ist es vor allem wichtig, das Leitsymptom Brustschmerz in eine Gesamtkonstellation von Befunden aus präziser Anamnese, körperlicher Untersuchung und apparativer Diagnostik einzubetten und alle Befunde mit der eigenen klinischen Einschätzung zu verknüpfen. So gibt beispielsweise retrosternaler Brustschmerz, der immer wieder bei Belastung auftritt, sich in Ruhe oder auf Nitrogabe bessert und durch vegetative Symptome begleitet wird, erst in dieser Konstellation einen Hinweis auf ein mögliches ACS.

Während also die präzise Brustschmerzlokalisation alleine kein diagnostisch hilfreiches Kriterium für Hausärzte ist, kann die Kombination mit anderen klinischen Informationen, wie Schmerzcharakteristik, Schmerzbeginn, Schmerzauslösung, Schmerzdauer etc. in der Gesamtzusammenschau vermutlich hilfreichere Indizien für ein bestimmtes Krankheitsbild geben.

Welche Faktoren alleine oder in Kombination dabei eine bessere diagnostische Aussagekraft für kardiovaskuläre Erkrankungen haben, war nicht Teil unserer Forschungsfrage, wurde jedoch in anderen Projekten bereits beleuchtet.^{12,110}

Beispielsweise untersuchte die dieser Arbeit zugrunde liegenden Primärstudie von Bösner et al. die diagnostische Aussagekraft von weiteren Zeichen und Symptomen bei Brustschmerzpatienten.¹² Die Autoren entwickelten den Marburger KHK-Score als Entscheidungshilfe für Hausärzte hinsichtlich dem Vorliegen einer KHK als Ätiologie des Brustschmerzes.¹² Der Score besteht aus 5 Kriterien, durch deren Bewertung die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen einer KHK besser eingegrenzt werden

kann. Die relevanten klinischen Charakteristika hierbei sind das Alter und Geschlecht der Patienten, das Vorbestehen einer bekannten vaskulären Erkrankung, die Belastungsabhängigkeit der Beschwerden, die Reproduzierbarkeit der Beschwerden durch Palpation, sowie die eigene Vermutung der Patienten, ob der Schmerz vom Herzen kommt.

Brustschmerzen und ihre klinische Handhabung in der Primärversorgung bleiben also ein hochrelevantes Thema. Deshalb ist jeder Hinweis auf die diagnostische Aussagekraft eines Symptoms als Hilfestellung und wissenschaftliche Kontribution zu bewerten. Auch wenn in diesem Projekt nur ein einzelnes Symptom beleuchtet wurde, liefern die Ergebnisse dieser Arbeit dennoch klinisch relevante Informationen, die Hausärzten in der Evaluation ihrer Patienten eine diagnostische Stütze sein können. Die Erhebung weiterer klinischer Charakteristika und ihre Einordnung in ein klinisches Gesamtkonzept bleiben dabei aber weiterhin essentiell.

4.3 Ausblick

Die Suche nach diagnostisch zuverlässigen Stützen in der Evaluation von Brustschmerzpatienten ist für die Primärversorgung ein hochrelevantes Thema.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass die Schmerzlokalisierung in der Primärversorgung weder hilfreich dafür ist, KHK-Patienten von anderen Patienten zu diskriminieren, noch dafür nützlich ist, andere Ätiologien für Brustschmerz zu erkennen oder auszuschließen. Für manche Erkrankungen ist die sehr ähnliche Distribution von Schmerzen, wie beispielsweise im Falle der KHK und der GERD, pathophysiologisch zu erklären. In anderen Fällen aber ist die fast identische Schmerzverteilung nicht auf diese Weise nachvollziehbar, was vor allem für das Brustwand Syndrom und die psychogenen Beschwerden zutrifft. Dies deutet darauf hin, dass in diesen Fällen die spezifische linksseitige Schmerzlokalisierung ein Triggerfaktor für häufigere Konsultationen von Hausärzten ist, was zu verzerrten Verteilungsmustern in diesen Gruppen führt. Ein gewisser Selbstselektionsprozess, der das Gesundheitsverhalten der Allgemeinbevölkerung beeinflusst, kann dafür die Ursache sein. In der Konsequenz scheint der diagnostische Nutzen der Brustschmerzlokalisierung in der Primärversorgung limitiert zu sein.

In vielen gängigen Lehrbüchern sowie in der medizinischen Lehre wird der Frage nach Schmerzlokalisierung jedoch weiterhin ein diagnostischer Stellenwert hinsichtlich der Diskriminierung von kardiovaskulären Erkrankungen zugesprochen. Die Ergebnisse dieser Arbeit widersprechen jedoch der Meinung, die in gängigen Lehrbüchern vertreten wird. In der Primärversorgung sollten sich Ärzte daher nicht allein an der Schmerzlokalisierung orientieren, sondern in der Evaluation von Brustschmerzpatienten auch andere klinische Charakteristika mit einbeziehen, die von höherem diagnostischem Nutzen sind. Eine Alternative wäre beispielsweise die Orientierung am Marburger KHK-Score, der eine validierte Entscheidungshilfe für Hausärzte darstellt, um eine KHK bei Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung zu diagnostizieren.¹² Er ist zentraler Bestandteil der aktuellen Brustschmerzleitlinie der Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin.⁵⁰

5 Zusammenfassung

5.1 Deutsche Zusammenfassung

Hintergrund

Brustschmerz ist ein häufiges Symptom in der Primärversorgung. Die diagnostische Evaluation von Brustschmerzpatienten stellt für Hausärzte allerdings eine Herausforderung dar. Denn dem Leitsymptom Brustschmerz liegt ein breites Spektrum unterschiedlichster Erkrankungen zugrunde, worunter die schwerwiegenden kardiovaskulären Ätiologien nur selten sind. Für die differentialdiagnostische Beurteilung wurde der Schmerzlokalisierung bisher ein diskriminativer Nutzen zugesprochen. Das Ziel dieses Projektes war es, digitale Bilder der Schmerzlokalisationen für eine große Kohorte von Brustschmerzpatienten aus der Primärversorgung zu aggregieren, um dadurch vor allem die folgende Forschungsfrage zu beantworten:

Ist die Schmerzlokalisierung bei Brustschmerzpatienten in der Primärversorgung hilfreich, um zwischen der koronaren Herzkrankheit (KHK) und anderen Erkrankungen zu diskriminieren?

Methode

Es handelt sich bei diesem Projekt um die Sekundäranalyse einer diagnostischen Querschnittsstudie aus der Primärversorgung, in der 1212 Brustschmerzpatienten aus 74 Hausarztpraxen des Bundeslandes Hessen konsekutiv rekrutiert wurden. Hausärzte zeichneten u.a. die Schmerzlokalisierung und -ausstrahlung in eine Thoraxgraphik auf einem standardisierten Erhebungsbogen ein. Ein unabhängiges Referenzkomitee entschied nach Ablauf der Nachbeobachtungsperiode über die zugrunde liegende Diagnose bei Erstkonsultation. Für die vorliegende Subanalyse wurden die Schmerzgraphiken von insgesamt 1211 Patienten ausgewertet. Anhand einer speziell entwickelten Computer-Software wurden die Graphiken mit dem Maus-Cursor manuell digitalisiert. Durch Aggregation der digitalen Einzelbilder konnte im Verlauf die Schmerzdistribution für verschiedene Erkrankungen graphisch dargestellt werden. Unterschiede hinsichtlich der Schmerzverteilung von unterschiedlichen Gruppen wurden durch zwei verschiedene Berechnungsverfahren analysiert, dem Hausdorff-Abstand und dem C-Index.

Ergebnisse

Die Schmerzen waren für fast alle Brustschmerzätiologien überwiegend in der links-anterioren Thoraxhälfte lokalisiert und konzentrierten sich auf die präkordiale Region. Im Vergleich zwischen den Patienten mit KHK und Patienten mit anderen häufigen Ursachen für Brustschmerz, wie beispielsweise dem Brustwand Syndrom (BWS), der gastroösophagealen Refluxerkrankung (GERD) und psychogenen Beschwerden, konnte kein signifikanter Unterschied in der Schmerzlokalisation ermittelt werden. Bei Patienten mit BWS, die dachten, dass ihre Schmerzen vom Herzen kämen, stellte die Schmerzlokalisation ein signifikantes Unterscheidungskriterium zu den Patienten mit BWS dar, die keine kardiale Genese vermuteten.

Schlussfolgerung

Die Schmerzlokalisation ist weder hilfreich, um zwischen der KHK und anderen Brustschmerzätiologien in der Primärversorgung zu unterscheiden, noch ist sie diagnostisch nützlich, um einzelne Erkrankungen zu identifizieren. In der Differentialdiagnostik des Leitsymptoms Brustschmerz ist sie daher alleine keine große Hilfe für Hausärzte und sollte nur in der Zusammenschau mit anderen klinischen Eigenschaften bewertet werden. Es ist zu vermuten, dass sich durch die Assoziation von links-thorakalem Brustschmerz mit kardialen Erkrankungen in der Bevölkerung, besonders die linksseitige Brustschmerzlokalisation zu einem Trigger für zunehmende Arztbesuche entwickelt hat. In der Konsequenz hat sich ihre Aussagekraft für die Primärversorgung reduziert. Das alleinige Symptom „Brustschmerzlokalisation“ hat daher für Hausärzte in der Evaluation von Brustschmerzpatienten nur einen limitierten diagnostischen Nutzen.

5.2 Englische Zusammenfassung (Summary)

Background

Chest pain in primary care is a common symptom and a frequent reason for consultation. The evaluation of these patients can be a diagnostic challenge for General Practitioners (GPs). There exists a wide range of underlying diseases, under which the life threatening cardiovascular etiologies are rare. In the differential diagnosis of chest pain, the pain localization has been assigned a certain discriminative value. The purpose of this study was to synthesize digital pain drawings from a large sample of chest pain patients in primary care and by this means answer especially the following research question:

Is chest pain localization in primary care useful in discriminating between patients with coronary heart disease (CHD) and other diseases?

Method

This project is a subanalysis of a cross-sectional study in primary care, in which 1212 chest pain patients from 74 GP offices in the state of Hesse (Germany) were consecutively recruited. GPs were to draw the pain localization and pain radiation of each patient into a figure of the human thorax on a standardized case report form. Altogether pain drawings of 1211 patients could be gathered. An independent reference panel decided after a six month period of Follow-Up about the etiology of chest pain at the time of patient recruitment. For the present analysis a special computer program was designed, making it possible to digitalize each pain drawing manually, using the mouse pointer. By aggregating the digitalized images, pain distribution for different chest pain etiologies could be illustrated. Dissimilarities between individual pain localizations and differences on the level of diagnostic groups were analyzed using the Hausdorff-Distance and the C-Index.

Results

Pain localization for almost all chest pain etiologies was mainly situated on the left anterior chest, concentrating on the precordial region. It was not helpful to distinguish between CHD and other diseases, such as chest wall syndrome (CWS), gastroesophageal reflux disease (GERD) or psychogenic chest pain. For patients

with CWS who assumed a cardiac origin of their pain the distribution of pain differed significantly from the patients with CWS that did not assume a cardiac origin.

Conclusion

Chest pain localization is neither helpful in differentiating between CHD and other chest pain etiologies in primary care, nor is it useful in identifying individual diseases. In the differential diagnosis of chest pain the pain localization as a symptom by itself is therefore not of particular help to a GP and should only be evaluated in combination with other clinical information. One can assume that because of a close association between left anterior chest pain and dangerous cardiac diseases in the general population, especially the left thoracic pain localization has become a trigger for the consultation of health care providers. Therefore the diagnostic value of chest pain localization in primary care is limited.

6 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erklärung
ACS	Akutes Koronarsyndrom
AMI	Akuter Myokardinfarkt
BWS	Brustwand Syndrom
CHD	Coronary Heart Disease
COPD	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung
CWS	Chest Wall Syndrome
DEGAM	Deutsche Gesellschaft für Allgemein- & Familienmedizin
EKG	Elektrokardiogramm
GERD	Gastroösophageale Refluxkrankheit
ggf.	Gegebenenfalls
GP	General Practitioner
ICR	Intercostalraum
KHK	Koronare Herzkrankheit
LR	Likelihood Ratio
MI	Myokardinfarkt
MPQ	McGill Pain Questionnaire
NSTEMI	Nicht ST-Hebungsinfarkt
Patienten-ID	Patientenidentifikationsnummer
RGB-Skala	Rot-Grün-Blau-Skala
STEMI	ST-Hebungsinfarkt
u.a.	unter anderem
vs.	Versus
z.B.	zum Beispiel

7 Literaturverzeichnis

1. Albarran J, Durham B, Gowers J, Dwight J, Chappell G. Is the radiation of chest pain a useful indicator of myocardial infarction? A prospective study of 541 patients. *Accid Emerg Nurs* 2002; 10(1): 2–9.
2. Andreassen Jaatun EA; Hjermstad MJ, Gundersen OE, Oldervoll L, Kaasa S, Haugen DF. Development and Testing of a Computerized Pain Body Map in Patients With Advanced Cancer. *J Pain Symptom Manage* 2014; 47 (1): 45-56
3. Arslanian-Engoren C, Patel A, Fang J, Armstrong D, Kline-Rogers E, Duvernoy CS, Eagle EA. Symptoms of men and women presenting with acute coronary syndromes. *Am J Cardiol* 2006; 98(9): 1177–81.
4. Bayam L, Ahmad MA, Naqui SZ, Chouhan A, Funk LI. Pain mapping for common shoulder disorders. *Am J Orthop* (Belle Mead NJ) 2011; 40(7): 353–8.
5. Benedict M, Bucheli B, Stotz M, Battegay E, Gyr N. First clinical judgment by primary care physicians distinguishes well between nonorganic and organic causes of abdominal or chest pain. *J Gen Intern Med* 1997; 12(8): 459–65.
6. Berger JP, Buclin T, Haller E, Van Melle G, Yersin B. Right arm involvement and pain extension can help to differentiate coronary diseases from chest pain of other origin: a prospective emergency ward study of 278 consecutive patients admitted for chest pain. *J Intern Med* 1990; 227(3): 165–72.
7. Beunderman R, Duyvis DJ. Myocardial infarction patients during the prodromal and acute phase: a comparison with patients with a diagnosis of 'noncardiac chest pain'. *Psychother Psychosom* 1983; 40(1-4): 129–36.
8. Bösner S, Becker A, Haasenritter J, Abu Hani M, Keller H, Sönnichsen AC, Karatolios K, Schaefer JR, Seitz G, Baum E, Donner-Banzhoff N. Chest pain in primary care: Epidemiology and pre-work-up probabilities. *Eur J Gen Pract* 2009; 15(3): 141–6.
9. Bösner S, Becker A, Abu Hani M, Keller, Heidi; Sönnichsen AC, Haasenritter J, Karatolios K, Schaefer JR, Baum E, Donner-Banzhoff N. Accuracy of symptoms and signs for coronary heart disease assessed in primary care. *Br J Gen Pract* 2010; 60(575): 246–57.
10. Bösner S, Becker A, Abu Hani M, Keller, Heidi; Sönnichsen AC, Haasenritter J, Karatolios K, Schaefer JR, Baum E, Donner-Banzhoff N. Chest wall syndrome in

primary care patients with chest pain: presentation, associated features and diagnosis. *Family Practice* 2010; 27(4): 363–9.

11. Bösner S, Becker A, Abu Hani M, Keller, Heidi; Sönnichsen AC, Haasenritter J, Karatolios K, Schaefer JR, Baum E, Donner-Banzhoff N. KHK-Ausschluss im hausärztlichen Versorgungsbereich - sind geschlechtsspezifische Scores von Nutzen? Ruling Out CHD in Primary Care - Diagnostic Accuracy of Gender Specific Scores. *ZFA* 2010; Band 86 (9): 315.

12. Bösner S, Becker A, Abu Hani M, Keller, Heidi; Sönnichsen AC, Haasenritter J, Karatolios K, Schaefer JR, Baum E, Donner-Banzhoff N. Ruling out coronary artery disease in primary care: development and validation of a simple prediction rule. *Canadian Medical Association Journal* 2010; 182(12): 1295–300.

13. Bösner S, Becker A, Abu Hani M, Keller, Heidi; Sönnichsen AC, Haasenritter J, Karatolios K, Schaefer JR, Baum E, Donner-Banzhoff N. Heartburn or angina? Differentiating gastrointestinal disease in primary care patients presenting with chest pain: a cross sectional diagnostic study. *Int Arch Med* 2009; 2(1): 40.

14. Bösner S, Becker A, Abu Hani M, Keller, Heidi; Sönnichsen AC, Haasenritter J, Karatolios K, Schaefer JR, Baum E, Donner-Banzhoff N. Gender differences in presentation and diagnosis of chest pain in primary care. *BMC Fam Pract* 2009; 10(1): 79.

15. Bösner S, Abu Hani M, Keller H; Sönnichsen AC, Haasenritter J, Baum E, Donner-Banzhoff N. The diagnosis of coronary heart disease in a low-prevalence setting: follow-up data from patients whose CHD was misdiagnosed by their family doctors. *Dtsch Arztebl Int* 2011; 108(26): 445–51.

16. Bruley Des Varannes S, Marek L, Humeau B, Lecasble M, Colin R. Gastroesophageal reflux disease in primary care. Prevalence, epidemiology and Quality of Life of patients. *Gastroenterol Clin Biol* 2006; 30(3): 364–70.

17. Bruyninckx R, Aertgeerts B, Bruyninckx P, Buntinx F. Signs and symptoms in diagnosing acute myocardial infarction and acute coronary syndrome: a diagnostic meta-analysis. *Br J Gen Pract* 2008; 58(547): 105–11.

18. Bulgiba AM, Razaz M. How well can signs and symptoms predict AMI in the Malaysian population? *Int J Cardiol* 2005; 102(1): 87–93.

19. Buntinx F, Knockaert D, Bruyninckx R, Blaey N, Aerts M, Knottnerus JA, Delooz H. Chest pain in general practice or in the hospital emergency department: is it the same? *Fam Pract* 2001; 18(6): 586–9.

- 20.** Buntinx F, Truyen J, Embrechts P, Moreel G, Peeters R. Chest pain: an evaluation of the initial diagnosis made by 25 Flemish general practitioners. *Fam Pract* 1991; 8(2): 121–4.
- 21.** Carnes D, Ashby D, Underwood M. A systematic review of pain drawing literature: should pain drawings be used for psychologic screening? *Clin J Pain* 2006; 22(5): 449–57.
- 22.** Cayley, WE Jr. Diagnosing the cause of chest pain. *Am Fam Physician* 2005; 72(10): 2012–21.
- 23.** Chun AA, McGee SR. Bedside diagnosis of coronary artery disease: a systematic review. *Am J Med* 2004; 117(5): 334–43.
- 24.** Cooke RA, Smeeton N, Chambers JB. Comparative study of chest pain characteristics in patients with normal and abnormal coronary angiograms. *Heart* 1997; 78(2): 142–6.
- 25.** D'Antono B, Dupuis G, Fortin C, Arsenault A, Burelle D. Angina symptoms in men and women with stable coronary artery disease and evidence of exercise-induced myocardial perfusion defects. *Am Heart J* 2006; 151(4): 813–9.
- 26.** Dave M, Dhavale HS. A comparative study of psychological factors in patients with normal and abnormal angiographic findings. *Indian J Psychiatry* 1999; 41(4): 314–9.
- 27.** Davies HA, Jones DB, Rhodes J, Newcombe RG. Angina-like esophageal pain: differentiation from cardiac pain by history. *J Clin Gastroenterol* 1985; 7(6): 477–81.
- 28.** Donner-Banzhoff N. Wie stellt der Allgemeinarzt eine Diagnose? *ZFA* 1999; (75): 744–9.
- 29.** Donner-Banzhoff N. Umgang mit Unsicherheit in der Allgemeinmedizin. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen* 2008; 102(1): 13–8.
- 30.** Ebell MH. Evaluation of chest pain in primary care patients. *Am Fam Physician* 2011; 83(5): 603–5.
- 31.** Ebell MH, Smith MA, Barry HC, Ives K, Carey M. The rational clinical examination. Does this patient have strep throat? *JAMA* 2000; 284(22): 2912–8.

- 32.** Ebell MH, White LL, Weismantel D. A systematic review of troponin T and I values as a prognostic tool for patients with chest pain. *J Fam Pract* 2000; 49(8): 746–53.
- 33.** Egloff N, Cámara Rafael JA, Känel vR, Klingler N, Marti E, Ferrari ML. Pain drawings in somatoform-functional pain. *BMC Musculoskelet Disord* 2012; 13(1): 257.
- 34.** Epstein SE. Chest Wall Syndrome: A Common Cause of Unexplained Cardiac Pain. *JAMA* 1979; 241(26): 2793.
- 35.** Eriksson B, Vuorisalo D, Sylven C. Diagnostic potential of chest pain characteristics in coronary care. *J Intern Med* 1994; 235(5): 473–8.
- 36.** Escalante A, Lichtenstein MJ, Lawrence VA, Roberson M, Hazuda HP. Where does it hurt? Stability of recordings of pain location using the McGill Pain Map. *J Rheumatol* 1996; 23(10): 1788–93.
- 37.** Eslick GD. Usefulness of chest pain character and location as diagnostic indicators of an acute coronary syndrome. *Am J Cardiol* 2005; 95(10): 1228–31.
- 38.** Eslick GD, Jones MP, Talley NJ. Non-cardiac chest pain: prevalence, risk factors, impact and consulting--a population-based study. *Aliment. Pharmacol. Ther* 2003; 17(9): 1115–24.
- 39.** Eslick GD, Talley NJ. Natural history and predictors of outcome for non-cardiac chest pain: a prospective 4-year cohort study. *Neurogastroenterology & Motility* 2008; 20(9): 989–97.
- 40.** Everts B, Karlson BW, Wahrborg P, Hedner T, Herlitz J. Localization of pain in suspected acute myocardial infarction in relation to final diagnosis, age and sex, and site and type of infarction. *Heart Lung* 1996; 25(6): 430–7.
- 41.** Frankel B, Hurst JW, Morris DC. "Chest pain" in patients with anxiety disorders. Futura Publishing Co., 2001. Armonk, N.Y.; Kapitel 45, S. 415-428
- 42.** Gaston-Johansson F, Hofgren C, Watson P, Herlitz J. Myocardial infarction pain: systematic description and analysis. *Intensive Care Nurs* 1991; 7(1): 3–10.
- 43.** Gencer B, Vaucher P, Herzig L, Verdon F, Ruffieux C, Bösner S, Burnand B, Bischoff T, Donner-Banzhoff N, Favrat B. Ruling out coronary heart disease in primary care patients with chest pain: a clinical prediction score. *BMC Med* 2010; 8(1): 9.

44. Goodacre SW, Angelini K, Arnold J, Revill S, Morris F. Clinical predictors of acute coronary syndromes in patients with undifferentiated chest pain. *QJM* 2003; 96(12): 893–8.
45. Grijseels EW, Deckers JW, Hoes AW, Hartman JA, Van der Does E, Van Loenen E, Simoons ML. Pre-hospital triage of patients with suspected myocardial infarction. Evaluation of previously developed algorithms and new proposals. *Eur Heart J* 1995; 16(3): 325–32.
46. Grilli R, Ramsay C, Minozzi S. Mass media interventions: effects on health services utilisation. *Cochrane Database Syst Rev* 2002; (1): CD000389
47. Haasenritter J, Bösner S. Brustschmerz. *DEGAM-Leitlinie Nr. 15. Methoden- und Evidenzreport. März 2011*. http://www.degam.de/files/Inhalte/Leitlinien-Inhalte/Dokumente/DEGAM-S3-Leitlinien/LL-15_Brustschmerz_Evidenzbericht.final.pdf
48. Hamm CW. Leitlinien: Akutes Koronarsyndrom (ACS). Teil 1: ACS ohne persistierende ST-Hebung/Teil 2: Akutes Koronarsyndrom mit ST-Hebung. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie –Herz –und Kreislaufforschung. *Zeitschrift für Kardiologie* 2004; 93 (1): 72-90; 93 (4) 324-341
49. Hani MA, Keller H, Vandenesch J, Sonnichsen AC, Griffiths F, Donner-Banzhoff N. Different from what the textbooks say: how GPs diagnose coronary heart disease. *Fam Pract* 2007; 24(6): 622–7.
50. Hasenritter J, Bösner S, Klug J, Ledig T, Donner-Banzhoff N. Brustschmerz. DEGAM-Leitlinie Nr. 15. S.11-59. Stand Januar 2011. Düsseldorf: Omikron Publ, 2011. http://www.degam.de/files/Inhalte/Leitlinien-Inhalte/Dokumente/DEGAM-S3-Leitlinien/LL-15_Langfassung_Brustschmerz.pdf
51. Höhne A, Jedlitschka K, Hobler D, Landenberger M. Hausarztzentrierte Versorgung in Deutschland. Der Hausarzt als Lotse? *Gesundheitswesen* 2009; 71(07): 414–22.
52. Hubert L, Schultz J. Quadratic Assignment as a general data analysis strategy. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 1976; 29(2): 190–241.
53. Hurst JW, Morris DC. Chest pain. Futura Publishing Co., 2001. Armonk, N.Y. Kapitel 1, S. 1-7; Kapitel 19, S. 173-181

- 54.** Huttenlocher DP, Klanderman GA, Rucklidge WJ. Comparing images using the Hausdorff distance. *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell* 1993; 15(9): 850–63.
- 55.** Jamison RN, Washington TA, Gulur P, Fanciullo GJ, Arscott JR, McHugo GJ, Baird JC. Reliability of a Preliminary 3-D Pain Mapping Program. *Pain Medicine* 2011; 12(3): 344–51.
- 56.** Jud SM, Fasching PA, Maihofne C, Heusinger K, Loehberg CR, Hatko R, Rauh C; Bani H, Lux MP, Beckmann MW, Bani MR. Pain perception and detailed visual pain mapping in breast cancer survivors. *Breast Cancer Res Treat* 2010; 119(1): 105–10.
- 57.** Katon W, Hall ML, Russo J, Cormier L, Hollifield M, Vitaliano PP, Beitman BD. Chest pain: relationship of psychiatric illness to coronary arteriographic results. *Am J Med* 1988; 84(1): 1–9.
- 58.** Kim JH, Rhee P. Recent Advances in Noncardiac Chest Pain in Korea. *Gut Liver* 2012; 6(1): 1.
- 59.** Klinkman MS, Stevens D, Gorenflo DW. Episodes of care for chest pain: a preliminary report from MIRNET. Michigan Research Network. *J Fam Pract* 1994; 38(4): 345–52.
- 60.** Knottnerus JA, Knipschild PG, Sturmans F. Symptoms and selection bias: the influence of selection towards specialist care on the relationship between symptoms and diagnoses. *Theor Med* 1989; 10(1): 67–81.
- 61.** Kohler M, Ziese T. Telefonischer Gesundheitssurvey des Robert Koch-Instituts zu chronischen Krankheiten und ihren Bedingungen. Berlin: Robert Koch-Institut, 2004.
- 62.** Kosuge M, Kimura K, Ishikawa T, Ebina T, Hibi K, Tsukahara K, Kanna M, Iwahashi N, Okuda J, Nozawa N, Ozaki H, Yano H, Nakati T, Kusama I, Umemura S. Differences between men and women in terms of clinical features of ST-segment elevation acute myocardial infarction. *Circ J* 2006; 70(3): 222–6.
- 63.** Kumarathurai P, Farooq MK, Christensen HW, Vach W, Høilund-Carlsen PF. Muscular Tenderness in the Anterior Chest Wall in Patients With Stable Angina Pectoris is Associated With Normal Myocardial Perfusion. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics* 2008; 31(5): 344–7.

- 64.** Kusnoor AV, Ferguson AD, Falik R. Ischemic Heart Disease in Women: A Review for Primary Care Physicians. *Southern Medical Journal* 2011; 104(3): 200–4.
- 65.** Lee, Y C Gary, Brims Fraser J H, Davies HE. Respiratory chest pain: diagnosis and treatment. *Med Clin N Am* 2010; 94 (2): 217-232
- 66.** Levine PR, Mascette AM. Musculoskeletal chest pain in patients with "angina": a prospective study. *South Med J* 1989; 82(5): 580-5, 591.
- 67.** Lieu JE, Dewan K. Assessment of self-selection bias in a pediatric unilateral hearing loss study. *Otolaryngology - Head and Neck Surgery* 2010; 142(3): 427–33.
- 68.** Logan RL, Wong F, Barclay J. Symptoms associated with myocardial infarction: are they of diagnostic value? *N Z Med J* 1986; 99(800): 276–8.
- 69.** Mackay MH, Ratner PA, Johnson JL, Humphries KH, Buller CE. Gender differences in symptoms of myocardial ischaemia. *European Heart Journal* 2011; 32(24): 3107–14.
- 70.** Maier LS, Bösner S, Halle M, Hambrecht R, Jacobshagen C, Leschke M, Meinertz T, Müller-Riemenschneider F, Reinhold T, Sossalla ST, Westermann D, Wienbergen H, Willich N. Der ischämische Herzpatient. 1. Auflage. UNI-MED SCIENCE 2013; Bremen. Kapitel 1, S. 12-22
- 71.** Mann S, McBain L. The use of troponin testing in primary care. *N Z Med J* 2012; 125(1357): 11–4.
- 72.** Mann NH 3rd, Brown MD, Hertz DB, Enger I, Tompkins J. Initial-impression diagnosis using low-back pain patient pain drawings. *Spine (Phila Pa 1976)* 1993; 18(1): 41–53.
- 73.** Mant J, McManus RJ, Oakes RAL, Delaney BC, Barton PM, Deeks JJ, Hammersley L, Davies RC, Davies MK, Hobbs FDR. Systematic review and modelling of the investigation of acute and chronic chest pain presenting in primary care. *Health Technol Assess* 2004; 8(2): iii, 1-158.
- 74.** Margolis RB, Tait RC, Krause SJ. A rating system for use with patient pain drawings. *Pain* 1986; 24(1): 57–65.
- 75.** Melzack R. The McGill Pain Questionnaire: Major properties and scoring methods. *Pain* 1975; 1(3): 277–99.

- 76.** Milner KA, Funk M, Richards S, Wilmes RM, Vaccarino V, Krumholz HM. Gender differences in symptom presentation associated with coronary heart disease. *Am J Cardiol* 1999; 84(4): 396–9.
- 77.** Mukerji V, Alpert MA, Hewett JE, Parker BM. Can patients with chest pain and normal coronary arteries be discriminated from those with coronary artery disease prior to coronary angiography? *Angiology* 1989; 40(4 Pt 1): 276–82.
- 78.** Nilsen RM, Suren P, Gunnes N, Alsaker ER, Bresnahan M, Hirtz D, Hornig M, Lie KK, Lipkin WI, Reichborn-Kjennerud T, Roth C, Schjolberg S, Davey Smith G, Susser E, Vollset SE, Oyen AS, Magnus Per, Stoltenberg C. Self-selection and bias in a large prospective pregnancy cohort in Norway. *Paediatric and Perinatal Epidemiology* 2009; 23(6): 597–608.
- 79.** Nilsson S, Scheike M, Engblom D, Karlsson LG, Molstad S, Akerlind I, Ortoft K, Nylander E. Chest pain and ischaemic heart disease in primary care. *Br J Gen Pract* 2003; 53(490): 378–82.
- 80.** Norell M, Lythall D, Coghlan G, Cheng A, Kushwaha S, Swan J, Ilsley C, Mitchell A. Limited value of the resting electrocardiogram in assessing patients with recent onset chest pain: lessons from a chest pain clinic. *Br Heart J* 1992; 67(1): 53–6.
- 81.** Omland T, de Lomos JA, Sabatine MS, Christophi CA, Rice MM, Jablonski KA, Tjora S, Domanski MJ, Gersh BJ, Rouleau JL, Pfeffer MA, Braunwald E, Prevention of Events with Angiotensin Converting Enzyme Inhibition (PEACE) Trial Investigators. A sensitive Cardiac Troponin T Assay in Stable Coronary Artery Disease. *N Engl J Med* 2009; 361 (26): 2538-2547
- 82.** Oranu AC, Vaezi MF. Noncardiac Chest Pain: Gastroesophageal Reflux Disease. *Medical Clinics of North America* 2010; 94(2): 233–42.
- 83.** Palmer H. Pain charts; a description of a technique whereby functional pain may be diagnosed from organic pain. *N Z Med J* 1949; 48(264): 187–213.
- 84.** Parker H, Wood PL, Main CJ. The use of the pain drawing as a screening measure to predict psychological distress in chronic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)* 1995; 20(2): 236–43.
- 85.** Pfau DB, Rolke R, Nickel R; Treede, RD, Daublaender M. Somatosensory profiles in subgroups of patients with myogenic temporomandibular disorders and Fibromyalgia Syndrome. *Pain* 2009; 147(1-3): 72–83.

- 86.** Rankine JJ, Fortune DG, Hutchinson CE, Hughes DG, Main CJ. Pain drawings in the assessment of nerve root compression: a comparative study with lumbar spine magnetic resonance imaging. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998; 23(15): 1668–76.
- 87.** Reeder GS, Kennedy HL. Criteria for the diagnosis of acute myocardial infarction. *UpToDate*: Jul 01, 2014
- 88.** Robert Koch-Institut. Gesundheitsberichtserstattung des Bundes: Gesundheit in Deutschland aktuell 2009. 2009.
- 89.** Ronga A, Vaucher P, Haasenritter J, Donner-Banzhoff N, Bösner S, Verdon F, Bischoff T, Burnand B, Favrat B, Herzig L. Development and validation of a clinical prediction rule for chest wall syndrome in primary care. *BMC Fam Pract* 2012; 13: 74.
- 90.** Rosser W, Henderson R, Wood M, Green L. An exploratory report of chest pain in primary care. A report from ASPN. *J Am Board Fam Pract* 1990; 3(3): 143–50.
- 91.** Ruigomez A, Rodriguez LAG, Wallander MA, Johansson S, Jones R. Chest pain in general practice: incidence, comorbidity and mortality. *Fam Pract* 2006; 23(2): 167–74.
- 92.** Russell MB, Iversen HK, Olesen J. Improved description of the migraine aura by a diagnostic aura diary. *Cephalalgia* 1994; 14(2): 107–17.
- 93.** Rutten FH, Kessels AGH, Willems FF, Hoes AW. Electrocardiography in primary care; is it useful? *International Journal of Cardiology* 2000; 74(2-3): 199–205.
- 94.** Sawe U. Pain in acute myocardial infarction. A study of 137 patients in a coronary care unit. *Acta Med Scand* 1971; 190(1-2): 79–81.
- 95.** Schott GD. The Sick Durer--a Renaissance prototype pain map. *BMJ* 2004; 329(7480): 1492.
- 96.** Schott GD. The cartography of pain: The evolving contribution of pain maps. *European Journal of Pain* 2010; 14(8): 784–91.
- 97.** Short D. Diagnosis of slight and subacute coronary attacks in the community. *Br Heart J* 1981; 45(3): 299–310.
- 98.** Sox HC Jr, Hickam DH, Marton KI, Moses L, Skeff KM, Sox CH, Neal EA. Using the patient's history to estimate the probability of coronary artery disease: a comparison of primary care and referral practices. *Am J Med* 1990; 89(1): 7–14.

- 99.** Stakos DA, Tziakas DN, Chalikias G, Mitrousi K, Tsigalou C, Boudoulas H. Chest pain in patients with arterial hypertension, angiographically normal coronary arteries and stiff aorta: the aortic pain syndrome. *Hellenic J Cardiol* 2013; 54(1): 25–31.
- 100.** Statistisches Bundesamt. Diagnosedaten der Krankenhäuser ab 2000 (Fälle, Berechnungs- und Belegungstage, durchschnittliche Verweildauer). Gliederungsmerkmale: Jahre, Behandlungsort, Alter, Geschlecht, Verweildauer. Gesundheitsberichterstattung des Bundes 2011. <http://www.gbe-bund.de>.
- 101.** Sterz H. Angina pectoris als Leitsymptom der koronaren Herzkrankheit. *Wien Med Wochenschr* 1987; 137 (10-11): 206-9
- 102.** Stochkendahl MJ, Christensen HW. Chest Pain in Focal Musculoskeletal Disorders. *Medical Clinics of North America* 2010; 94(2): 259–73.
- 103.** Svavarsdottir AE, Jonasson MR, Gudmundsson GH, Fjeldsted K. Chest pain in family practice. Diagnosis and long-term outcome in a community setting. *Can Fam Physician* 1996; 42: 1122–8.
- 104.** Swap CJ, Nagurney JT. Value and limitations of chest pain history in the evaluation of patients with suspected acute coronary syndromes. *JAMA* 2005; 294(20): 2623–9.
- 105.** Takata K, Hirotani H. Pain drawing in the evaluation of low back pain. *Int Orthop* 1995; 19(6): 361–6.
- 106.** Thompson LR, Boudreau R, Hannon MJ, Newman AB, Chu CR, Jansen M, Nevitt MC, Kwoh CK. The knee pain map: Reliability of a method to identify knee pain location and pattern. *Arthritis Rheum* 2009; 61(6): 725–31.
- 107.** Uden A, Landin LA. Pain drawing and myelography in sciatic pain. *Clin Orthop Relat Res* 1987; (216): 124–30.
- 108.** Van der Does, E, Lubsen J, Pool J. Acute myocardial infarction: an easy diagnosis in general practice? *J R Coll Gen Pract* 1980; 30(216): 405–9.
- 109.** Verdon F, Burnand B, Herzig L, Junod M, Pecoud A, Favrat B. Chest wall syndrome among primary care patients: a cohort study. *BMC Fam Pract* 2007; 8: 51.
- 110.** Verdon F, Herzig L, Burnand B, Bischoff T, Pecoud Alain, Junod M, Muhlemann N, Favrat B. Chest pain in daily practice: occurrence, causes and management. *Swiss Med Wkly* 2008; 138(23-24): 340–7.

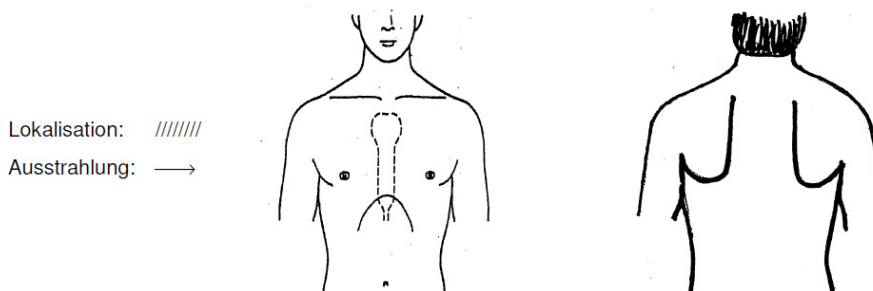
- 111.** Wagner JM. Does This Patient Have Appendicitis? *JAMA* 1996; 276(19): 1589.
- 112.** White KS. Assessment and Treatment of Psychological Causes of Chest Pain. *Medical Clinics of North America* 2010; 94(2): 291–318.
- 113.** Whiting P, Rutjes AWS, Reitsma JB, Glas AS, Bossuyt Patrick MM, Kleijnen J. Sources of variation and bias in studies of diagnostic accuracy: a systematic review. *Ann Intern Med* 2004; 140(3): 189–202.
- 114.** Winters ME, Katzen SM. Identifying chest pain emergencies in the primary care setting *Prim Care*. 2006; 33(3): 625–42.
- 115.** Wise CM, Semble EL, Dalton CB. Musculoskeletal chest wall syndromes in patients with noncardiac chest pain: a study of 100 patients. *Arch Phys Med Rehabil* 1992; 73(2): 147–9.
- 116.** Wu EB, Hodson F, Chambers JB. A simple score for predicting coronary artery disease in patients with chest pain. *QJM* 2005; 98(11): 803–11.
- 117.** Yang EH, Lerman A. Angina pectoris with a normal coronary angiogram. *Herz* 2005; 30(1): 17–25.
- 118.** Yelland M, Cayley WE, Vach W. An Algorithm for the Diagnosis and Management of Chest Pain in Primary Care. *Medical Clinics of North America* 2010; 94(2): 349–74.
- 119.** Zentner A, Garrido MV, Busse R. Macht der Hausarzt als Lotse die Gesundheitsversorgung wirklich besser und billiger? Ein systematischer Review zum Konzept Gatekeeping. *Gesundheitswesen* 2010; 72(08/09): e38

8 Anhang

8.1 Erhebungsbogen der Primärstudie

Erhebungsbogen Thoraxschmerz						
Datum	Uhrzeit	Hausbesuch <input type="checkbox"/>	Geschlecht m <input type="checkbox"/> w <input type="checkbox"/>	Geb.jahr	Praxis - ID	Studien - ID
-Mehrfachnennungen sind immer möglich-						
Gehören die Brustschmerzen zum Anlass des heutigen Besuchs?					ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Der Patient ist mir aus der Praxis vertraut.					ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Wenn ja: Ist er anders als sonst?					ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Wie? _____						
Denkt der Patient, die Brustschmerzen kommen vom Herzen?					ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>
Eindruck: Der Patient ...						
„gefällt“ mir nicht	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	ist auffällig ruhig	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
ist blass	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	ist gerötet	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
ist ängstlich	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	ist aufgeregt	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
ist kaltschweißig	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	ist kurzatmig	ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
Anamnese						
Wann traten die Brustschmerzen das erste Mal auf?				vor	Stunde n	Tage n
Bestehen die Brustschmerzen im Moment?				ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	
Wenn nein, wann traten die Brustschmerzen zuletzt auf?				vor	Stunde n	Tage n
Wie lange dauert eine durchschnittliche Schmerzepisode an?						
Dauerschmerz	<input type="checkbox"/>	kürzer als 24 Stunden	<input type="checkbox"/>	kürzer als 12 Std.	<input type="checkbox"/>	kürzer als 1 Std.
kürzer als 30 Min.	<input type="checkbox"/>	kürzer als 1 Minute	<input type="checkbox"/>	oder? _____		
Wie häufig treten sie auf?						
mehr als 1 x tägl.	<input type="checkbox"/>	1 x tägl.	<input type="checkbox"/>	seltener	<input type="checkbox"/>	oder? _____
Zu welcher Tageszeit treten sie bevorzugt auf?						
frühmorgens	<input type="checkbox"/>	morgens	<input type="checkbox"/>	mittags	<input type="checkbox"/>	abends <input type="checkbox"/> nachts <input type="checkbox"/> verschieden <input type="checkbox"/>
Zusätzliche Angaben zum zeitlichen Verlauf (falls erforderlich): _____						

Bitte Lokalisation bzw. Ausstrahlung der Schmerzen/Beschwerden einzeichnen:



Wie lassen sich die Schmerzen charakterisieren?

drückend ☐ brennend ☐ stechend ☐ dumpf ☐ wie noch? _____

Welche Symptome bestehen sonst noch?

Übelkeit/Erbrechen ☐ Luftnot ☐ thorakale Enge ☐
Husten ☐ Respir./Grippaler Infekt ☐ keine/sonstige ☐

Die Schmerzen sind abhängig von:

Belastung ☐ der Atmung ☐ Bewegung ☐ Nahrungsaufnahme ☐ keine/sonstige ☐

Vorerkrankungen/Risikofaktoren

KHK (gesicherter Infarkt, Angiographie) ☐ zerebrovaskuläre Erkrankung (Apoplex, TIA, PRIND) ☐

KHK (klinischer Verdacht bei früherem Kontakt) ☐ Herzinsuffizienz ☐ pAVK ☐

Hyperlipidämie ☐ Diabetes mellitus ☐ Rauchen ☐ Hypertonie ☐ Übergewicht ☐
Positive Familienanamnese ☐ Bewegungsmangel ☐ keine/sonstige ☐
(Infarkt Vater/Bruder < 55J./ Mutter/Schwester < 65 J.)

Untersuchung und Procedere

Tastuntersuchung wurde gemacht? ja ☐ nein ☐

Wenn ja, ... Muskelverspannungen? ja ☐ nein ☐

Schmerzen sind durch Drücken oder Klopfen reproduzierbar? ja ☐ nein ☐

RR: ____/____ mmHg HF: ____/min

Elektrokardiogramm ☐ Labor ☐ Ergometrie ☐ Ü: Kardiologie ☐
Ü: sonstiger Facharzt ☐ welcher? _____
Stationäre Einweisung ☐ Einweisungsdiagnose: _____
neue Medikamente? ☐ welche? _____

Zusätzliche Angaben zu Anamnese/Befund/Diagnose (falls erforderlich):**Verdachtsdiagnose**

Verdachtsdiagnose: _____

Wie sicher sind Sie sich mit dieser Diagnose? 0%-----|-----|-----|-----50%-----|-----|-----|-----100%

Für wie wahrscheinlich halten Sie es, dass die aktuellen Beschwerden des Patienten durch eine KHK bedingt sind? 0%-----|-----|-----|-----50%-----|-----|-----|-----100%

9 Verzeichnis der akademischen Lehrer

Meine akademischen Lehrer waren Damen/Herren in Marburg:

Albert, Arabin, Aumüller, Barth, Bartsch, Bauer, Baum, Baumann, Becker, Bösner, Cetin, Czybayko, Daut, Del Rey, Donner-Banzhoff, Feuser, Fendrich, Fuchs-Winkelmann, Görg, Gress, Hegele, Hertl, Holst, Hofmann, Höglinger, Hoyer, Kann, Klose, Koolman, Kühne, Kühnert, Langer, Lill, Löffler, Lohoff, Maier, Maisch, Mandrek, Moll, Moosdorf, Mueller, Müller, Mutters, Neff, Neubauer, Neumüller, Oertel, Pagenstecher, Rausch, Renz, Röhm, Rothmund, Ruchholz, Schäfer, Schlosser, Schmidt, Schofer, Schütz, Seitz, Steiniger, Steinfeld, Tackenberg, Vogelmeier, Voigt, Wagner, Waldmann, Weihe, Werner, Wulf

in Köln:

Cremer, Eisenberger, Kruis, Weiß

10 Danksagung

Ich bedanke mich von ganzem Herzen bei meinem Doktorvater und Betreuer Herrn Priv.-Doz. Dr. Stefan Bösner für die hervorragende Betreuung meiner Dissertation. Er stand mir zu jedem Zeitpunkt dieser Arbeit als zuverlässiger Betreuer, geduldiger Mentor und verständnisvoller Ratgeber zur Seite und hat mich stets motiviert und unterstützt. Nicht nur als Mediziner und Wissenschaftler, sondern auch als Mensch ist Stefan Bösner mir zum Vorbild geworden.

Desweiteren bedanke ich mich bei Frau Prof. Dr. Erika Baum, Herrn Prof. Dr. Norbert Donner-Banzhoff sowie allen weiteren Mitarbeitern der Abteilung für Allgemeinmedizin, Präventive und Rehabilitative Medizin für die immer herzliche und freundliche Atmosphäre im Institut. Ich habe mich dort als Doktorandin stets gut aufgenommen und sehr gut unterstützt gefühlt.

Mein Dank gilt zudem Herrn Jörg Haasenritter, der mir als Ansprechpartner bei allen technischen und statistischen Fragen während dieses Projektes mit Engagement zur Seite stand.

Herr Patrice Schlegel entwickelte die für diese Arbeit elementare Computer-Applikation. Ihm danke ich für die enge und gute Zusammenarbeit während der Phase der Bildproduktion. Er war immer ein geduldiger und hilfsbereiter Ansprechpartner für alle Fragen, Probleme und Herausforderungen, die sich mir im technisch-informatischen Teil dieser Arbeit stellten.

Großer Dank gilt meinen Schwestern Anna und Marie sowie ganz besonders meinen Eltern Alice und Hermann Bönisch, die immer an mich glauben und in jeder Lebenssituation hinter mir stehen und mir den Rücken stärken. Nicht nur während dieses Promotionsprojektes, sondern auf meinem gesamten bisherigen Lebensweg stand mir meine Familie uneingeschränkt als Ratgeber, Unterstützer, Förderer und Begleiter zur Seite. Ihr Rückhalt und ihre Motivation vermitteln mir große Sicherheit und Stärke.